TÉCNICO LISBOA



Automatização de Serviços de Distribuição de Bens Alimentares em Praias

André Soveral Padeira Hopffer Navarro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Júri

Presidente: Prof. João Agostinho de Oliveira Soares

Orientador: Prof. Carlos Baptista Cardeira

Coorientador: Prof. Carlos Manuel Ferreira Monteiro

Vogais: Profª Ana Sofia Mascarenhas Proença Parente da Costa Sousa Branca

Prof. Carlos Manuel Pinho Lucas de Freitas

Dezembro 2013

Agradecimentos

Apesar de uma tese de mestrado implicar inevitavelmente longas horas de solidão para o candidato que a empreende, ela reúne porém contributos valiosos, embora de natureza diversa, das pessoas que mais de perto a acompanharam.

Desde o início da minha dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, do Instituto Superior Técnico, tive o privilégio de contar com a confiança e com o apoio de pessoas e de instituições que generosamente se prontificaram a colaborar comigo. Sem esses contributos, a presente investigação dificilmente teria sido viabilizada.

Começo por agradecer ao Professor Carlos Cardeira, orientador da presente dissertação, pela dedicação e constante disponibilidade sempre manifestadas. A sua vasta experiência e o seu saber foram com certeza decisivos na trajetória que segui.

Um agradecimento particular também ao Professor Carlos Monteiro, coorientador deste trabalho, por todo o apoio e partilha dos seus conhecimentos, mas também pelas diversas sugestões que constantemente me deu e que tiveram forte impacto no desenvolvimento deste trabalho. Acima de tudo, obrigado por me ter acompanhado sempre com igual empenho.

Ao Engenheiro Paulo Alvito da IDMind, Engenharia de Sistemas Lda., um muito obrigado pelo interesse manifestado pelo meu projeto e pelo tempo que me concedeu mostrando-me o funcionamento de uma empresa ligada à indústria da robótica. Estou igualmente grato à própria IDMind, pela experiência do conhecimento que, no terreno, me proporcionou, permitindo-me desenvolver um maior nível de entendimento no domínio da robótica mas, sobretudo, ter-me feito sentir confiante para prosseguir com o meu projeto.

Por último, gostaria de agradecer aos meus amigos mais próximos a sua resposta pronta aos meus pedidos de colaboração, nomeadamente na fase dos inquéritos; ao meu irmão Manel, a cumplicidade incondicional que todos os momentos capitais das nossas vidas requereram e, finalmente, aos meus pais, o seu exemplo, e por sempre me terem ensinado que na vida nada se consegue verdadeiramente sem esforço ou trabalho.

Resumo

Neste estudo é concebido um veículo móvel autónomo energeticamente independente para distribuir bens alimentares na praia, desenvolvendo um protótipo virtual e adereçando considerações acerca da locomoção, perceção e navegação do robô.

Para determinar o grau de autonomia móvel e a capacidade das baterias do robô é também elaborada uma análise da viabilidade energética, com recurso a uma estimativa baseada nos componentes eletrónicos mais eficientes do mercado, incluindo motores, componentes sensoriais, computacionais e de comunicação, painéis fotovoltaicos e microturbina eólica.

É ainda conduzido um estudo de mercado, tanto para estabelecer o sortido de produtos inicial e determinar os atributos do robô mais valorados pelos inquiridos, como para planear os futuros desenvolvimentos deste conceito. Tal foi feito recorrendo à aplicação de entrevistas semiestruturadas, de observações e de questionários, tendo estes últimos permitido a obtenção de 712 respostas válidas por parte dos banhistas.

Conclui-se que o robô é energeticamente autónomo em todas as praias portuguesas durante junho, julho e agosto, que o sortido inicial “ideal” de produtos do Fesquinho é constituído por nove itens, e que os futuros desenvolvimentos do robô se devem principalmente focar nas áreas de refrigeração, facilidade de utilização e captação dos recursos energéticos, ordenadamente, caso se pretenda servir o segmento das “adeptas green”, identificado como o alvo principal no seguimento da análise *clusters*.

Palavras-chave: Robô Móvel, Navegação e Localização Autónoma, Máquina de Venda Automática, Desenvolvimento de Produto, Segmentação de Mercado, Análise de *Clusters*.

Abstract

In this study an energetically independent autonomous mobile vehicle for food distribution on the beach is conceptualized, developing a virtual prototype and addressing considerations about the robot´s locomotion, perception and navigation.

To determine the robot’s degree of mobile autonomy and its batteries’ capacity, an energetic viability analysis is also conducted, based on an estimation based on the most efficient electronic components that are commercially available, including engines, sensorial, computational and communicational components, photovoltaic panels, and wind microturbine.

A market research study is thus carried out, not only to establish the initial product assortment and the proposed robot and service’s main valued features, but also to plan the future developments of this concept. This market study is based on the application of semi-structured interviews, observations and questionnaires, having this last tool allowed the retrieval of 712 meaningful responses from the bathers.

It is concluded that the robot is energetically autonomous in all the Portuguese beaches during June, July and August, that the “ideal” initial product assortment is constituted of nine items, and that the future robot developments should mostly focus on the areas of refrigeration, ease of use, and renewable energies’ recovery, in order to serve the “green supporters” segment, identified as the main target in the cluster analysis.

Keywords: Mobile Robot, Autonomous Navigation and Localization, Vending Machine, Product Development, Market Segmentation, Cluster Analysis.

Índice

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Acrónimos

AGV	*Automated Guided Vehicle* (veículos guiados automaticamente)
EUA	Estados Unidos da América
FV	Fotovoltaica
GPS	*Global Positioning System* (sistema global de posicionamento)
HP	*Horse power* (potência em cavalos)
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin
LocClim	*Local Climate Estimator* (estimador climático local)
MPPT	*Maximum Power Point Tracking* (rastreadores de ponto máximo de potência)
MVA	Máquina de Venda Automática
PCA	*Principal Component Analysis* (análise de componentes principais)
PID	Proporcional Integral e Derivado
PVGIS	*Photovoltaic Geographical Information System* (sistema geográfico de informação fotovoltaica)
RMA	Robô Móvel Autónomo
RPM	Rotações Por Minuto
SMS	*Short Message Service* (serviço de mensagem curta)
SPSS	*Statistical Package for the Social Sciences* (pacote estatístico das ciências sociais)
VA	Vendedor Ambulante
VRC	*Variance Ratio Criterion* (critério do rácio da variância)

1 Introdução

1.1 Motivação

Num mercado global cada vez mais competitivo, a procura de nichos de mercado é uma prática corrente para o crescimento de uma nova economia.

Na economia de Portugal, o turismo é um sector estratégico que representa cerca de 11% do Produto Interno Bruto (Caçador, 2010), estando no entanto aquém do seu potencial. As praias são um dos principais atrativos deste turismo e imagem de marca do país. No entanto, haverá sempre outras praias que se tornam melhores opções, seja pelo preço ou até pela própria beleza. É diferenciando as praias portuguesas e tomando partido das novas tecnologias, que será possível atrair mais turistas.

A costa portuguesa conta com uma extensão de 1853 quilómetros (Freitas et al., 2002) onde se encontram extensos areais que, apesar de frequentados por banhistas, são maioritariamente desprovidos de infraestruturas de apoio. No entanto, por culpa de leis ambientais, a construção de infraestruturas de apoio é limitada por parâmetros legais em praias não concessionadas[1], conferindo a estas zonas um número substancialmente inferior de esplanadas, cafés ou restaurantes para usufruto do banhista, quando comparada com outra zona balnear de reconhecimento internacional. Mesmo quando estes estabelecimentos existem, ficam localizados em zonas mais remotas e periféricas às praias para desagrado do banhista, que acaba por optar por outras praias.

Atualmente, o serviço de venda de produtos alimentares nas praias, essencial para o bem-estar do banhista, só é prestado por dois tipos de vendedores. No caso de ser permitida a construção de infraestruturas numa praia, um destes vendedores é o estabelecimento de praia que, por razões legais, beneficia de uma espécie de monopólio e o faz inflacionar os preços ao ponto de transformar estes produtos em artigos de luxo reservados a uma pequena quota do mercado.

A outra opção diz respeito aos vendedores ambulantes (VA), alguns dos quais pertencentes ao sector informal[2] da economia, que podem operar sem licenças de comércio e carregar produtos de qualidade duvidosa (Timothy e Wall, 1997). Estes vendedores, apesar de alcançarem uma extensão maior do mercado que os estabelecimentos seus concorrentes, graças ao seu carácter móvel, raramente são encontrados num tempo útil de espera aceitável, já que cada vendedor tem como objetivo abranger o maior número de pessoas durante o seu percurso.

Por serem carregados à custa de trabalho muscular ininterrupto durante vastos intervalos de tempo, a quantidade de produtos que cada um destes vendedores pode levar consigo está limitada a um peso aceitável, pelo que são raros os banhistas que possam selecionar os produtos inicialmente disponibilizados, já que no decorrer do dia rompem *stock*. Pela mesma razão, os produtos oferecidos são de uma gama reduzida e giram tradicionalmente em volta das típicas bolas-de-berlim, línguas da sogra, batatas fritas, gelados e bebidas de lata. O modelo atual deste negócio não contempla a segmentação de mercado nem, por outro lado, existe o hábito de analisar a evolução das

[1] Praia concessionada é a área de uma praia relativamente à qual é licenciada ou autorizada a prestação de serviços a utentes por entidade privada (Lei n.º 44/2004, 2004).

[2] Economia informal é um processo de produção de rendimentos que não é regulado pelas instituições de uma sociedade, num meio legal e social onde atividades semelhantes estão reguladas (Timothy e Wall, 1997).

necessidades do público-alvo. Assim, os produtos que servem o interesse de quem procura uma escolha mais saudável, por exemplo, não são contemplados na oferta reduzida destes vendedores.



Figura 1 – Típico vendedor ambulante (à esquerda) e um outro mais modernizado e dedicado exclusivamente à venda de bolas-de-berlim (à direita)

Neste tipo de vendedor, existem ainda alguns pioneiros como o vendedor de bolas-de-berlim da Figura 1 que foram bem-sucedidos ao criar um sistema de maior mobilidade com rodas, aumentando consideravelmente a sua capacidade de carga e, consequentemente, as suas vendas. Outra questão sobre estes vendedores prende-se com a temperatura desadequada para o transporte de certos produtos.

Portugal conta ainda com uma legislação clara e definida, tanto no que diz respeito à circulação de veículos poluentes em zonas protegidas como na adequação do manuseamento de produtos alimentares, fiscalizados por uma entidade científica e independente de nome ASAE (Autoridade da Segurança Alimentar e Económica). Neste contexto, a exploração da distribuição de produtos alimentares nas praias portuguesas através de um veículo elétrico autónomo e, como tal, não poluente, asseguraria a qualidade dos alimentos até ao momento da entrega ao cliente, bem como respeitaria toda a legislação de venda alimentar na praia em vigor.

A automatização de um processo de distribuição de produtos, em que potenciais clientes estejam dispersos por um espaço físico de dimensões consideráveis, envolve, geralmente, o transporte desta carga até aos mesmos. Consequentemente, este projeto engloba a conceção de um robô móvel autónomo (RMA) especialmente concebido para a circulação no exterior, numa área em que enormes avanços têm sido feitos e existem perspetivas futuras muito empolgantes com as estimativas de avanços sobre os atuais microprocessadores (Moravec, 1999; Mitchener e Futurologist, 2009).

Os conceitos pelos quais se rege qualquer robô móvel que ambicione fazer parte da vida de uma pessoa são a simplicidade, o baixo custo e a poupança energética. Estes conceitos estarão presentes na conceção do robô projetado nesta dissertação.

Após uma primeira análise dos serviços de distribuição alimentar ambulante nas praias, fornecidos pelos VA, salienta-se a necessidade de desenvolver um RMA que permita:

- A construção de compartimentos de refrigeração que mantenham as temperaturas ótimas para o armazenamento de cada tipo de produto, através de termostatos e utilização de paredes isotérmicas;
- A diminuição do número de pessoas que contactam diretamente com os alimentos para eliminar contaminações potenciais oriundas deste excesso de contacto;
- A elaboração de um sistema que permita aos consumidores indicar as suas verdadeiras necessidades e adequar a gama de produtos oferecidos a estes;

- O aumento da carga máxima transportada, recorrendo a tração elétrica.

1.2 Objetivos do Trabalho e Contribuições Significativas

Com esta dissertação pretende-se criar uma plataforma robótica móvel supervisionada, autónoma do ponto de vista energético, para distribuição de produtos alimentares em praias, diferenciando-se dos estabelecimentos de praia tradicionais por permitir uma maior proximidade e conveniência para o banhista, potencial cliente. Relativamente aos VA, esta diferenciação será feita com base:

- Num controlo da qualidade dos produtos em compartimentos refrigerados, isolados e com um nível de higiene superior;
- Numa maior gama de produtos oferecida que atenda às atuais e reais necessidades do público-alvo;
- Numa novidade tecnológica que se espera poder servir de polo atrativo ao turismo;
- Numa maior disponibilidade de todos os produtos oferecidos, que impeçam o esgotamento de *stocks*;
- Num horário de funcionamento alargado.

No desenvolvimento deste RMA, são tidos como principais desafios a segurança das pessoas à volta do robô, o terreno arenoso em que circula e a sustentabilidade energética do veículo.

Pretende-se ainda entender aspetos do comportamento de compra do banhista que sejam úteis para desenvolver este novo RMA. Para tal será feito um estudo de mercado tendo em vista os seguintes objetivos:

- Determinar os hábitos do banhista, em particular o número de dias que vai à praia por ano, o montante gasto em cada um destes dias, o horário em que costuma comprar bens alimentares e os produtos normalmente consumidos na praia;
- Determinar os produtos que o mercado quer encontrar no RMA;
- Determinar os atributos do robô mais valorizados pelo banhista;
- Encontrar segmentos de mercado com base nos atributos do RMA e do respetivo serviço;
- Escolher os segmentos que serão o alvo preferencial deste serviço.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação será composta por 6 capítulos. O capítulo 1, de introdução, incluirá a motivação, os objetivos de trabalho e enumera as suas principais contribuições. O capítulo 2, de estado da arte, resumirá o estado da arte relativamente às máquinas de venda automática e às tecnologias de robótica móvel que poderão ser utilizadas neste contexto. O capítulo 3, de revisão da literatura, abordará os temas do mercado do turismo em Portugal, a alimentação de conveniência, o retalho de conveniência e a seleção de sortidos de produtos alimentares para o retalho. O capítulo 4, de metodologia, apresentará a metodologia a utilizar de modo a atingir os objetivos enunciados. O capítulo 5, de resultados, incidirá sobre a conceptualização do robô, sobre a análise da sua viabilidade energética e sobre o estudo do seu mercado. Por fim, o capítulo 6 apresentará as conclusões e avançará com recomendações de trabalhos futuros.

2 Robótica – Estado de Arte

2.1 Máquinas de Venda Automática

Atualmente existem já plataformas de venda em que um cliente se dirige diretamente a uma máquina de venda automática (MVA) para comprar os mais diversos produtos, incluindo alimentares – ver Figura 2. Estas máquinas foram introduzidas em 1909 (Horne et al., 1992) e têm recebido um grande foco na sociedade de hoje por poderem operar em locais remotos sem interrupção nem necessidade de pessoal de vendas (Horne et al., 1992). Fruto desta atenção, têm ganho funcionalidades a todos os níveis, incluindo a nível dos pagamentos, segurança e controlo mas também dos produtos a que se habilitaram a vender.

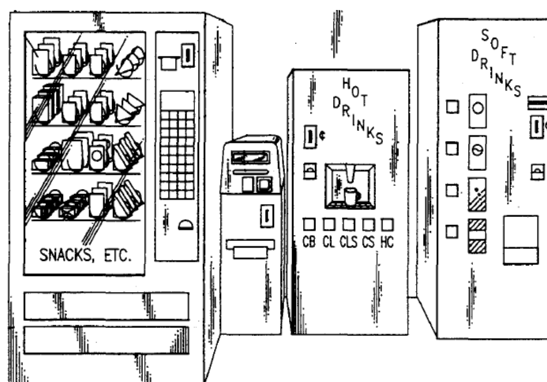


Figura 2 – Exemplos de MVA

O conceito básico destas máquinas sumariza-se na capacidade que uma máquina tem de guardar um inventário de mercadoria até o dispensar a troco da seleção e pagamento de um produto. No entanto, a maioria das máquinas depende ainda de uma pessoa que reponha os seus *stocks*, conduza inspeções de manutenção e tem uma localização fixa, na tomada elétrica onde encontra a sua energia.

A monitorização remota destas máquinas permite, hoje, identificar atempadamente as máquinas que atingem níveis críticos de stock e comunicar uma eventual avaria de um sistema de refrigeração, evitando a perda de produtos por mau acondicionamento. Permitem também a comunicação de ocorrências de atos de vandalismo ou tentativas de sabotagem devido ao facto de estas máquinas operarem frequentemente em locais remotos e sem vigilância. Com estes sistemas pode-se retirar dados como temperatura, choques físicos, data de validade, dados físicos e outros dados associados a um código de barras do produto (Truitt e Swanson, 1999; Hall, 2000).

Além disto, ficam igualmente registadas as datas das transações de cada máquina e o montante adjudicado a cada transação para outras aplicações futuras, como taxação fiscal, sendo o método proposto por Stapp (1999) uma destas opções.

A flexibilidade tem também sido uma prioridade para estas máquinas. Inerente a uma grande competitividade e agressividade do mercado, os esforços de diferenciação de produtos alimentares da indústria têm-se registado em todas as suas áreas, incluindo empacotamento e apresentação especialmente suscetíveis a mudanças radicais por serem mais facilmente identificadas pelo cliente e, geralmente, por serem também de fácil implementação. Esta evolução constante das formas e

tamanhos dos produtos e tipos de tratamento a que cada um deve estar sujeito, como diferentes temperaturas ótimas para armazenamento, obrigava à criação de um sistema mais modular capaz de acomodar produtos de diversos tamanhos e de diversos tipos, como bebidas e *snacks*, conforme se veio a verificar posteriormente (Truitt e Swanson, 1999; Center e Stalder, 1997).

A robustez e eficácia típicas de uma máquina de tecnologia consolidada, que sofreu diversas alterações ao longo do tempo para acomodar as necessidades dos seus clientes, permitiram a criação de mecanismos dispensadores bem calibrados, para limitar e confirmar a saída de produtos com o uso de êmbolos ativados por solenoides, caixas forte muito sólidas e de difícil penetração, onde se acumula o dinheiro das vendas, e sistemas de análise de perfil do cliente através da leitura de cartões de identificação, para possibilitar a discriminação e venda de produtos exclusivos a uma classe etária específica, como cigarros ou bebidas alcoólicas (Truitt e Swanson, 1999; Center e Stalder, 1997; Kochackis, 1983; Sharrard, 1998).

O pagamento destas transações pode ser suportado com cartões magnéticos ou dinheiro – moedas ou notas – para facilitar o uso das máquinas quando o cliente não tem dinheiro consigo mas também diminuir o interesse em perpetrar o saque de dinheiro, no caso da utilização de cartões. Com o uso exclusivo de cartões, uma máquina adquire, simultaneamente, imunidade face ao contrabando de dinheiro falso (Horne et al., 1992; Rademacher, 1995).

As MVA, geralmente associadas à venda de produtos altamente calóricos, são também consideradas um bom veículo para a promoção de hábitos alimentares mais saudáveis, como comprovam alguns estudos realizados neste campo (French et al., 1997; French et al., 2001).

Relativamente às fontes de energia, a larga maioria das MVA utiliza fichas e tomadas que as impedem de trabalhar em locais mais remotos e sem infraestruturas de suporte. No entanto, as máquinas alimentadas por baterias são já contempladas no gabinete das patentes norte-americanas, como mostra Tseng (1997).

2.1.1 Máquinas Ambulantes

Um outro aspeto relevante para as máquinas automáticas é a mobilidade, uma vez que, como já foi referido, elas servem idealmente áreas remotas, onde não existem lojas, mercearias ou outras infraestruturas de suporte a atuar como concorrentes. O grande problema com estes locais tem sido a falta de energia elétrica necessária para o funcionamento de uma máquina.

A solução que muitos têm apontado – ver Figura 3 e Figura 4 – é tornar a máquina dependente do veículo que as transporta e de onde recebem energia.

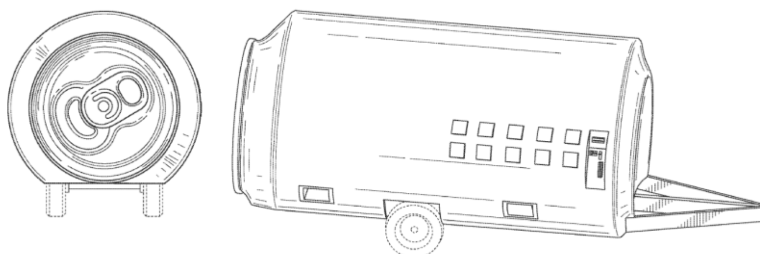


Figura 3 – Patente de uma solução móvel para MVA de bebidas refrigeradas (Hixson e Creswell, 2012)

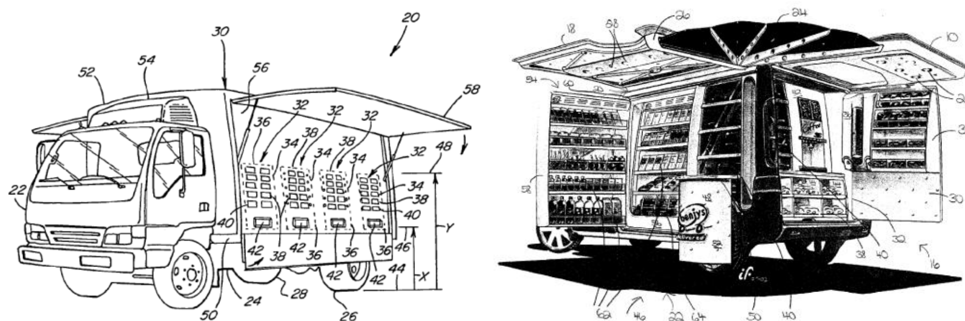


Figura 4 – Patentes da incorporação de MVA num veículo (Piper et al., 2004; Guard, 2008)

Tal dependência é prejudicial porque, em primeiro lugar, o veículo tem de estar em funcionamento e, como habitualmente estes veículos têm motores de combustão, produzem-se gases poluentes que afastam os clientes mais sensíveis a este aspeto.

Além disso, o veículo de transporte e o seu condutor não podem ser usados para outros serviços, o que é crítico dadas as dezenas de milhares de euros que cada um destes veículos custa, sem contar com os custos salariais de um trabalhador adjudicado a uma função passível de ser automatizada.

2.1.2 Máquinas Energeticamente Independentes

Para colmatar o problema energético, em eventos exteriores onde se agrupam multidões – feiras, festivais, concertos – utilizam-se reboques adaptados para colher a energia solar ou eólica circundante – ver Figura 5 – através de painéis fotovoltaicos (FV) e microturbinas. Esta solução peca apenas por não resolver o problema da circulação em zonas protegidas, uma vez que terá de ser transportado até ao local pelo veículo transportador.

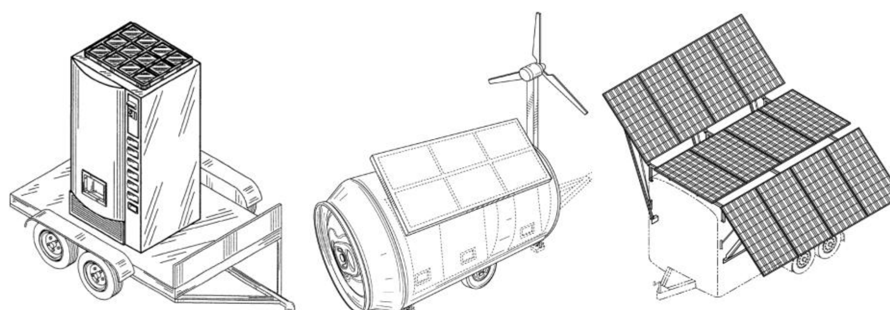


Figura 5 – MVA energia solar e eólica (Hixson e Creswell, 2011; Cooper, 2009; Fileman, 2001)

Os sistemas de dobragem de painéis solares são muito comuns em várias aplicações, incluindo espaciais (Glidden e Alker, 1999). Tais sistemas possibilitam uma maior flexibilidade nas aplicações e ambiente a que estão sujeitos. Com ventos fortes, por exemplo, pode ser importante diminuir a área exposta dos painéis para que as forças exercidas não destruam os painéis ou, no caso da Figura 5, capotem o reboque.

O funcionamento deste sistema de aproveitamento de energia solar é explicado da seguinte forma: Os painéis solares estão ligados através de díodos aos terminais de um carregador de baterias que recebe energia sob a forma de corrente contínua dos painéis solares e não permite a circulação de corrente na direção oposta. O carregador está, por sua vez, ligado a diversas baterias recarregáveis para manter as mesmas em máxima capacidade. Estas baterias ligam-se a um silencioso inversor que, ao funcionar como gerador, transforma a corrente em alternada para que a máquina automática

funcione e é especificamente recomendado para aparelhos que consumam um nível considerável de energia, como um refrigerador.

Outra característica das energias solar e eólica é a flexibilidade relativa às necessidades energéticas. Assim se, no caso da Figura 5, se justificar ou for requerida a incorporação de um maior número de máquinas no atrelado, bastará aumentar o número de painéis solares ou aerogeradores para atender aos novos requisitos energéticos (Fileman, 2001).

2.2 Robôs Móveis Autónomos

Uma mobilidade mais autónoma é necessária e existem, de facto, alguns projetos para a criação de uma MVA móvel. Exemplo disto é a Figura 6 que apresenta o desenho de uma patente norte-americana para uma máquina de venda de jornais, com a forma e desenho reconhecidamente típicos de uma MVA.

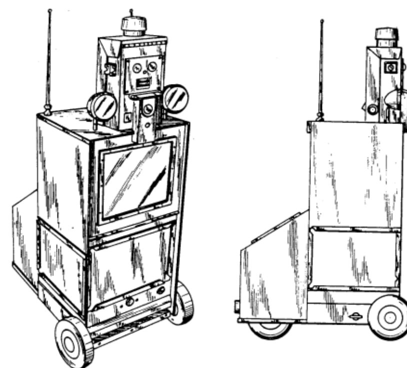


Figura 6 – Patente do desenho de uma solução móvel robotizada para venda de jornais (Lehman e Smith, 1991)

Contudo, estas iniciativas são notoriamente escassas, sendo por isso abordados nesta secção projetos de robôs móveis autónomos (RMA) aplicados a outras áreas que não as da venda automática.

2.2.1 Heineken

Na área da distribuição alimentar, existem já diversos robôs a conduzir produtos alimentares aos seus clientes. Exemplo disso é o RMA da Heineken, ilustrado na Figura 7, que consiste num barril de cerveja montado num veículo programado para percorrer uma rota preestabelecida e para parar sempre que o sensor deteta a mão de um cliente sobre o robô. Quando isto sucede, o robô espera que o cliente deposite o copo no seu suporte, enche-o e, depois de retirado o copo, prossegue a sua rota (Barlow et al., 2010).



Figura 7 – Robô móvel de cerveja da Heineken

2.2.2 SnackBot

O caso do robô semiautónomo SnackBot – ver Figura 8 – referido por Lee et al. (2009) e construído pela Universidade de Carnegie Mellon para servir de base à investigação das relações entre robôs e humanos, foi desenvolvido com o pretexto de distribuir *snacks* no meio real de uma universidade e com pessoas em redor que deviam ser identificadas ou como obstáculos ou como potenciais clientes.

Adaptado a partir de um robô existente, este robô tem como sensores sondas, lasers e para-choques para desvio de obstáculos e localização relativa por comparação das suas leituras do laser e odometria com um mapa previamente memorizado. O seu laser apontado ao nível do solo permite-lhe também identificar a presença de uma pessoa pela forma peculiar das pernas de um ser humano.



Figura 8 – SnackBot (Lee et al., 2009)

Com dois modos de operação, estacionário e itinerante, o robô denota uma preocupação com a saúde das pessoas pois ao se dirigir às pessoas – itinerante – transporta unicamente alimentos frescos e saudáveis, como fruta. Apenas quando um cliente se desloca até si, lhe é dado a escolher entre qualquer tipo de *snack*. Para entrar em itinerário, o robô carece de uma ordem que lhe seja dirigida para o *site* e que é gerada com o envio de uma mensagem, correio eletrónico ou acesso à página Web depois de registo por parte do cliente. Como estratégia de incentivo à utilização do serviço, o SnackBot possui um sistema de pontos, que podem ser trocados por *snacks*, atribuídos às pessoas que se registarem no site.

Ao circular pelos corredores da universidade, o robô emitia sons a imitar a música das carrinhas de gelados que as pessoas conhecem. No entanto, verificou-se que as pessoas achavam a música enervante e portanto esta capacidade foi-lhe retirada.

O SnackBot, que possui a capacidade de dialogar, foi também confrontado com o facto que as pessoas preferiam examinar e retirar os produtos do seu tabuleiro em vez de indicarem verbalmente o que desejavam. Este comportamento é facilmente identificável com o que sucede com as MVA, em que as pessoas examinam a oferta das máquinas para escolher e pagar o produto.

A forma humanizada, tamanho e capacidade de diálogo do robô foram decididas em função da investigação das relações entre humanos e robôs – objetivo máximo deste projeto – uma vez que a forma humana aumenta as expectativas de inteligência que as pessoas têm sobre um robô. Não se implica, por isso, que estas características sejam as mais adequadas para um robô de distribuição de *snacks*. Apesar disto, a sua altura é apreciada pelo público, que numa posição vertical consegue retirar os produtos, mas também as suas formas arredondadas que incutem a imagem de um robô amigável e não intimidador – impressões importantes quando se lança um produto com o qual as pessoas não estão familiarizadas.

O tabuleiro do SnackBot contém sensores que detetam o peso para o controlo do intercâmbio de produtos e compartições ajustáveis ao tamanho dos diferentes produtos a transportar. Uma outra característica deste robô é a sua capacidade de analisar as necessidades do mercado e personalizar o seu serviço à medida que vai efetuando as vendas e transmitindo esses dados graças a uma rede de comunicação sem fios existente no campus.

Porque este é um projeto em desenvolvimento e com vista a futuras modificações e evolução tecnológica, o SnackBot é dotado de grande versatilidade e flexibilidade de construção.

À partida, um dos grandes problemas do SnackBot e de outros robôs do género, quando utilizados num contexto de maior isolamento, como uma praia numa zona protegida, é a falta de espaço para acomodar a quantidade de produtos necessária para a sustentabilidade dos seus percursos, ou seja, estaria sistematicamente a romper o *stock* que teria de ser reposto por alguém. Além disso, porque os compartimentos onde se encerram os produtos alimentares não são fechados, o SnackBot não pode refrigerar os produtos, nem garantir a sua preservação, evitando pilhagens e sabotagens.

2.2.3 HelpMate

Maiores preocupações no acondicionamento de produtos alimentares são reveladas na conceção de robôs para transporte de refeições em hospitais, caso do HelpMate – ver Figura 9 – ou do protótipo i-Merc (Carreira, 2007). Estes robôs albergam os produtos a transportar em compartimentos fechados, possibilitando o controlo das suas temperaturas e a proteção dos seus conteúdos contra incidentes naturais ou de origem criminosa (Krishnamurthy e Evans, 1992).

No entanto, por serem desenhados para hospitais têm à sua disposição energia elétrica onde quer que exista uma tomada no edifício e não têm a preocupação de uma interação intuitiva, pois as refeições são passadas por um intermediário – enfermeiro – geralmente, alvo de algum tipo de formação prévia. Além disso, o seu desenho e meios de locomoção são otimizados para uma circulação em piso liso e bem pavimentado, ou seja, o oposto ao que se encontra numa praia.

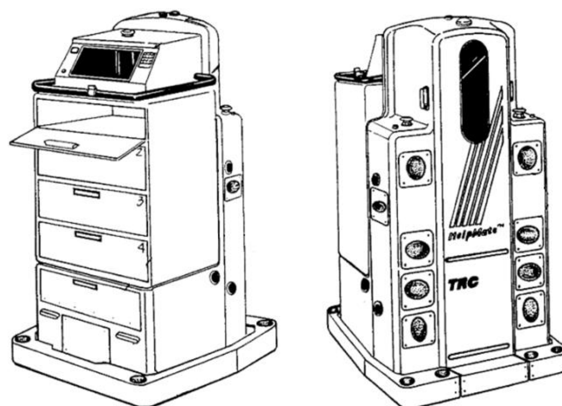


Figura 9 – O robô distribuidor hospitalar, HelpMate (Krishnamurthy e Evans, 1992)

2.2.4 AGV (*Automated Guided Vehicle*)

Ambos os robôs hospitalares, mencionados em 2.2.3 HelpMate, derivam dos chamados AGV que foram concebidos, inicialmente, para atuar em fábricas, em armazéns ou prestarem apoio logístico ao transportarem e manusearem materiais automaticamente. Os AGV circulam tipicamente de forma autónoma pelo seu espaço de trabalho sob supervisão de um sistema central controlado por supervisores humanos e são considerados o sistema de transporte de material mais flexível, com capacidades de carregamento desde as poucas dezenas de quilos às toneladas.

A maior preocupação destes veículos é, de acordo com Rocha (2000), salvaguardar a segurança e integridade das pessoas e do meio que os rodeia e por isso os seus sistemas de sinalização, perceção e desvio de obstáculos devem ser tomados como uma referência. É comum a existência de para-choques e botões de pressão de emergência para paragens bruscas e imediatas, o uso de detetores de proximidade frontais e laterais – sonares, por exemplo – para abrandar ou interromper progressivamente a marcha do AGV quando um obstáculo se aproxima, bem como sinalização luminosa e acústica para aviso de presença.

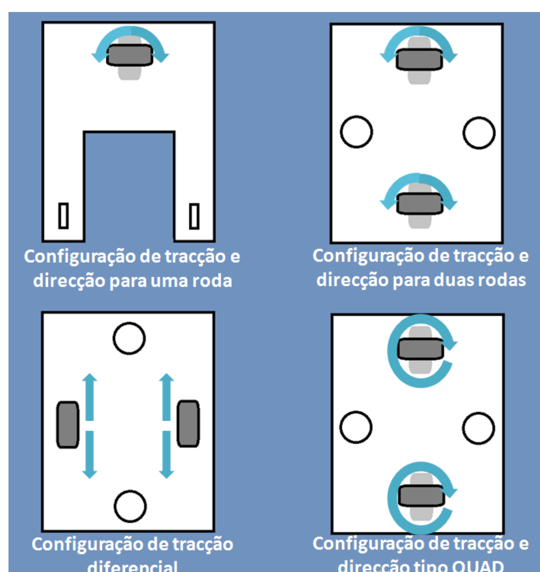


Figura 10 – Configuração unidirecional no canto superior esquerdo e configuração diferencial no canto inferior esquerdo

O meio industrial é caracterizado pela procura permanentemente da excelência tanto em eficiência como em eficácia. Tal obriga a uma exaustiva procura pelos motores de consumo mais eficientes, pelo que é importante referir que os motores de tração e de direção dos AGV são habitualmente motores de corrente contínua de ímanes permanentes e a configuração mecânica destes veículos pode ser classificada, como se ilustra na Figura 10:

- Em unidirecional, quando existe uma roda de tração e direção e as restantes rodas fixas, beneficiando de um custo comparativamente inferior;
- Em bidirecional, quando existem duas rodas de tração e direção e restantes rodízios ou apenas duas rodas de tração no caso de movimento diferencial.

Os sistemas de controlo dos AGV são geralmente centralizados num computador central que, em tempo real, coordena a operação da frota. Dentro dos problemas que este controlador tem de resolver está o controlo e monitorização dos veículos, que reagem a eventos como bateria descarregada, falhas no equipamento ou atuação de um botão de emergência, e interface com a camada de controlo superior, que faz a interligação do controlador do sistema do AGV com o controlador externo, recebendo novas tarefas, cancelando ou alterando parâmetros de tarefas em execução, notificando acerca do estado das tarefas e sincronizando os AGV para operações de recarregamento de materiais com o conjunto externo e independente do sistema de controlo central, designado para essa função.

Como o meio em que estes veículos circulam é controlado, artificialmente previsível – o solo pavimentado é perfeito para as leituras dos codificadores em odometria – e, na maioria das vezes, confinado a um espaço fechado, como uma fábrica ou armazém – que obriga à introdução de infraestruturas para obtenção de uma estimativa de posição por triangulação, caso dos painéis refletores utilizados nas leituras laser, e este contexto não é verificável em praias, evidencia-se a necessidade de aprofundar a análise aos robôs móveis autónomos (RMA) que operem no mesmo meio.

2.2.5 Hyperion e Zoë

Paralelamente ao que acontece com as MVA, os robôs que trabalham em regiões remotas como a Antártica (Ray et al., 2005), a Gronelândia (Lever e Ray, 2008) ou mesmo o deserto do Chile (Wettergreen et al., 2005a), necessitam de fontes de energia sustentável, como o sol.

Analisamos com mais detalhe o caso do deserto do Chile, particularmente os robôs Hyperion e Zoë – ver Figura 11 – uma vez que atuam sobre um meio composto frequentemente de areia mole, como a que se encontra em praias, e se deparam com os mesmos problemas de navegação todo-o-terreno e autonomia a longo prazo.

O robô Hyperion, especificamente, prima pela sua baixa massa, reduzida complexidade e posição horizontal dos painéis, com as duas primeiras características intimamente ligadas. A posição horizontal, geralmente peca por ineficiência, pois o aproveitamento da insolação não é máximo, mas é aplicada neste caso por não existir uma direção de percurso única (Wettergreen et al., 2005a), que sucederia se as rotas fossem preestabelecidas.

O Hyperion obtém a sua posição por estimativa com o auxílio de sensores inerciais, como um giroscópio, e de sensores de rotação e inclinação. Por serem sensores passivos, não consomem

energia mas, em contrapartida, acumulam erros percentuais mínimos – cerca de 5% – que ao longo de certas distâncias se podem traduzir em posições obtidas com desvios tão grandes quanto o percurso transcrito (Wettergreen et al., 2005a). Estes erros podem ser aceitáveis em locais onde não existem pessoas nem preocupações com a sua segurança, mas em zonas densamente povoadas não o são.

Um sistema de localização que merece referência é o GPS (*Global Positioning System*). Este utiliza diversos satélites e permite a determinação da latitude, longitude e altitude, sendo atualmente utilizado em plataformas robóticas móveis, nomeadamente em tratores agrícolas autónomos (Bakker et al., 2011; Gan-Mor et al., 2007). As limitações deste sistema são a necessidade de ter constantemente uma linha de visão entre emissor e recetor, difícil em locais fechados, a descontinuidade de cobertura oferecida em cada ponto do globo e o fator tempo que, mesmo com a correção apropriada, podem gerar erros de precisão acima dos 15 m, devido à distorção ionosférica e troposférica, e erros da tabela que contém os valores das posições dos satélites (Siegwart et al., 2011).

Embora o robô Hyperion do deserto do Chile não albergue este sensor de localização, ele foi desenhado para ultrapassar obstáculos com alturas até 20 cm e atingir velocidades máximas de 0,3 m/s, utiliza tração às quatro rodas independentes – características e objetivos muito semelhantes às esperadas no RMA de que trata este projeto – e tem uma direção articulada passivamente. O ângulo do eixo frontal é controlado pela velocidade diferencial das rodas frontais, eliminando a necessidade de um atuador para a direção, enquanto o eixo traseiro é fixo. Os limitadores de velocidade e aceleração nas quatro rodas diminuem o efeito de derrapagem dos pneus, ao mesmo tempo que a potência necessária para locomoção passa a ser menor.

Na área da captação energética, o Hyperion conta com dois painéis de células fotovoltaicas, três conjuntos de baterias, dois MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) e componentes para conversão e distribuição de energia pelos vários subsistemas. Os seus painéis solares de células de silício monocristalino têm oito módulos com 12,8% de eficiência e uma área de 3,45 m^2 gerando 400 W de potência. Os MPPT controlam o carregamento e descarregamento para as diferentes condições térmicas e de insolação e sustentam duas redes de potência de 24 V. Os dois conjuntos de baterias de chumbo mantêm as redes de potência mesmo quando o painel está debaixo de uma sombra ou quando o robô tem de fazer um esforço suplementar, como numa subida. As baterias têm capacidade para duas horas de utilização sem recarga, em condições normais, e abastecem também a rede principal para os subsistemas computacional, sensorial, de controlo e de comunicação. Os parâmetros internos, como voltagem da rede e carregamento da bateria e da corrente, são monitorizados.

A nível de computação e controlo, o *hardware* do Hyperion foi desenhado para suportar funcionalidades autónomas como perceção estéreo e navegação local. O sistema computacional faz interface através das redes IEEE-1394 com 8 câmaras digitais e redes RS-232 para o controlador de movimento, o telémetro laser, o sensor de rotação e inclinação e o micro controlador de distribuição e alimentação de energia. Embora as câmaras digitais sejam necessárias para o funcionamento de um robô cuja finalidade é estudar a flora e fauna do terreno, elas consomem muito espaço computacional

e, consequentemente, muita energia. Entende-se, por isso, a razão da inexistência de um sistema GPS quando a existência de câmaras a bordo é fulcral e se pode tirar proveito destas para efeitos de localização.

O sistema de controlo de movimento do Hyperion consiste no controlo das velocidades do motor atuador e controlo do ângulo do eixo de direção, ambos efetuados por um controlador PID (Proporcional Integral e Derivado) com retroalimentação por transdutores. O carácter semiautónomo do Hyperion permite ainda três modos de funcionamento:

- O operador telecomanda-o de uma localização remota;
- O operador ativa o modo de salvaguarda dos seus comandos;
- Ou o operador permite-lhe a navegação autónoma.

No passado, o Hyperion usou um *scanner* laser que funcionava como um para-choques virtual. Contudo, este foi depois retirado por ser possível fazer as mesmas leituras com as câmaras já incorporadas (Wettergreen et al., 2005a).

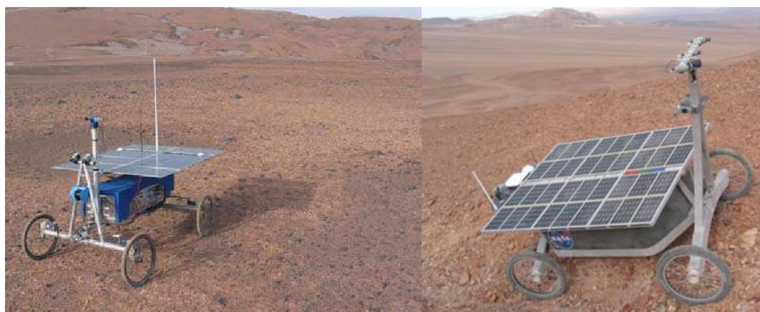


Figura 11 – O robô Zoë (à direita) e o seu antecessor Hyperion (à esquerda)

A versão melhorada do Hyperion, Zoë, consistiu em pequenas alterações num robô que manteve as suas dimensões mas aumentou o seu peso para os 198 kg (Wettergreen et al., 2005b).

A primeira diferença está nos dois eixos que passam ambos a ser articulados passivamente. Cada eixo está preso por juntas ao chassis, ficando livre de rodar em dois graus de liberdade – girar e balançar – e os dois ligam-se de modo a realizar um movimento suave e contínuo. Com um controlo por retroalimentação de alta precisão e a limitação na alimentação dos atuadores de 72 V, que guiam as rodas, para evitar guinadas, as derrapagens e escorregamentos das rodas são minimizados, seguindo o mesmo princípio do modelo anterior. O mecanismo deixou, no entanto, de ser de direção diferencial para passar a articular as rodas com o chassis e propulsionar o veículo suavemente para qualquer uma das direções, graças à sua simetria, em detrimento da capacidade de adquirir qualquer orientação sem sair do local. Manteve-se, ainda assim, um raio de viragem de 2,5 m e a velocidade máxima melhorou para os 0,9 m/s devido à melhoria do desempenho dos motores com um binário três vezes melhor. Esta modificação levou a uma degradação da tração em subidas de solo mais arenoso que não é, felizmente, comum no deserto do Chile.

A energia solar é agora aproveitada por um único painel de tripla junção de células de arsenieto de gálio que, com uma área de apenas 2,4 m^2, alimenta uma rede de 72 V graças a uma eficiência de 23%. A voltagem da rede é mantida por duas baterias de polímeros de lítio que carregam quando existe um excedente de potência e alimentam o sistema quando não existe suficiente luz solar ou o robô faz uma subida.

O Zoë já conta com quatro processadores dos quais, dois Pentium 4 com processadores de 2,2 GHz são dedicados a funções de navegação e autonomia, um Pentium 3 de 700 MHz é dedicado ao tratamento dos dados provenientes dos sensores e localização e um AMD SC520 de 133 MHz monitoriza a energia. Uma das suas oito câmaras está apontada ao sol para recolher um ponto de referência absoluto e duas outras servem para deteção de obstáculos.

Na busca pela melhoria da robustez do sistema, o Zoë foi programado para recuar ao longo do percurso já transcrito, sempre que o caminho para o seu objetivo esteja bloqueado, permitindo poupar muito tempo e energia em computação de algoritmos complexos.

Neste desenho, o Zoë percorreu 55 km autonomamente enquanto se desviava de obstáculos e determinava o seu próprio caminho, sendo um exemplo para os seus pares (Wettergreen et al., 2005b).

Em modo de conclusão, a secção do estado de arte aqui revelada demonstra que não existe atualmente uma MVA móvel autónoma tal como a que se pretende desenvolver nesta dissertação, ficando provado o carácter inovador deste RMA. Os exemplos aqui apresentados serão tidos em consideração na escolha dos componentes do RMA a conceptualizar neste projeto, atendendo e relacionando as funcionalidades de cada um aos propósitos do robô requerido.

3 Marketing – Revisão da Literatura

O conceito do marketing é considerado uma filosofia fundamental de negócio que coloca uma ênfase especial em satisfazer as necessidades dos consumidores, gerando lucro simultaneamente. Assim, uma organização que adota uma orientação face a determinado mercado ou cliente procura entender o mesmo para poder entregar, no seu produto, uma oferta de maior valia (Sorenson, 2006).

Atualmente, ainda existem muitas companhias que se abstêm de considerar o consumidor final do seu produto, focando-se essencialmente nas tecnologias que lhes permitem obter um produto deveras inovador mas para o qual o mercado não encontra utilidade. Ora, o consumidor não quer mudar os seus hábitos de consumo a menos que perceba as vantagens em fazê-lo (Hoven, 2011).

O desenvolvimento de um produto é essencial para o sucesso de uma organização. A inovação é fulcral para o crescimento e prosperidade de uma companhia enquanto a tecnologia, os mercados e os clientes estiverem tão voláteis e suscetíveis à mudança como atualmente. A gestão da inovação numa organização é identificada como o aspeto central na construção da sua competitividade. As empresas têm de atuar rapidamente para identificar as necessidades dos seus clientes eficazmente e desenvolver novos produtos para aumentar a sua satisfação. A introdução antecipada de novos produtos facilita o domínio do mercado a longo prazo e aumenta as barreiras de entrada para outros concorrentes (Molefe, 2006; Sorenson, 2006). Uma das formas de criar um produto que seja orientado para o mercado é envolver os consumidores nestas fases iniciais de criação (Hoven, 2011).

Numa área tão competitiva como o retalho alimentar é imperativo ter um conhecimento alargado sobre o mercado para poder corresponder ao consumidor final com a panóplia de produtos de maior interesse e avaliar a disponibilidade para pagar por cada um destes itens. A orientação para o mercado é assumida como um pré requisito para as organizações se tornarem bem-sucedidas (Molefe, 2006).

3.1 Segmentação do Mercado

Uma estratégia de segmentação envolve dividir o mercado segundo dadas características, orientar as ferramentas do marketing para os mercados-alvo e ganhar um posicionamento dentro desses mercados (Bihelerová, 2010; Bonilla, 2010). A investigação toma um papel de relevo em validar os métodos de subdivisão dos mercados e uma estratégia de segmentação de mercado pode levar à diferenciação dos produtos ou serviços prestados (Molefe, 2006).

Nesta secção introdutória, apresentam-se e analisam-se as grandes categorias de variáveis de segmentação. Posteriormente indaga-se sobre a utilidade de cada uma destas categorias no serviço de alimentação conveniente que se pretende prestar e reflete-se sobre o que é considerado um bom segmento. Espera-se com isto criar os alicerces para o estudo de mercado do presente RMA.

Cada segmento de mercado consiste num conjunto de consumidores com características aproximadamente homogéneas. Há diversas características que podem ser combinadas ou utilizadas individualmente para segmentar um mercado (Bihelerová, 2010), como se pode verificar pela Figura 12.

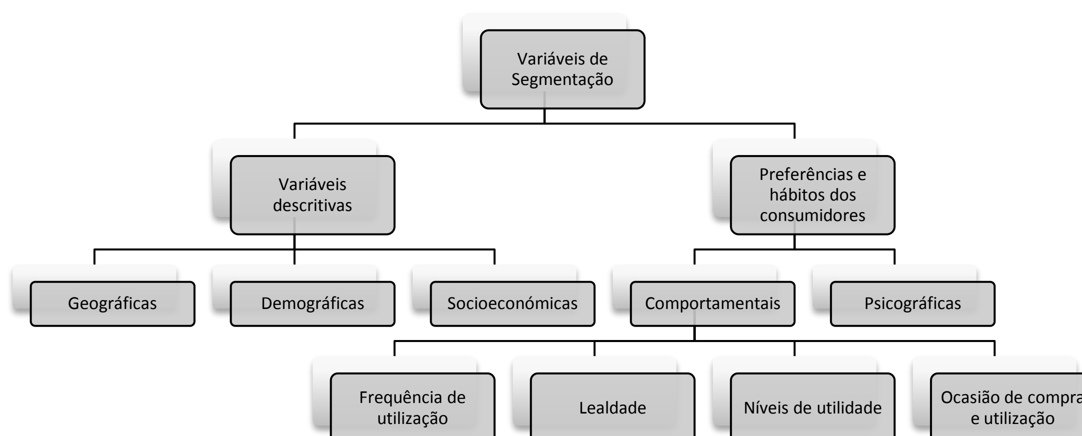


Figura 12 – Critérios de segmentação. Adaptado de Bihelerová (2010)

A segmentação geográfica é de grande utilidade para decidir os mercados que as organizações querem explorar e onde se querem localizar para melhor servi-los. No entanto este tipo de segmentação não garante uma homogeneidade a respeito do comportamento do comprador, permitindo apenas prever a densidade populacional de uma dada zona (Bihelerová, 2010).

A segmentação demográfica baseia-se nas diferenças de idade, género, estado civil, ocupação, tamanho e ciclo de vida do agregado familiar, nível de rendimentos, e nível de instrução, estando estas variáveis intimamente ligadas ao consumo e compra de alimento (Simelane, 2008).

A segmentação socioeconómica reparte os indivíduos em grupos segundo a sua ocupação, rendimentos, nível educacional, local de residência, etc. (Bihelerová, 2010). Estes grupos são conhecidos como classes sociais e em Portugal dividem-se em cinco classes principais, embora as designações utilizadas nem sempre sejam iguais: classe alta, classe média alta, classe média, classe média baixa, classe baixa e são designadas pelas letras A, B, C1, C2 e D, respetivamente (Marktest, 2003). De acordo com a fonte referida, a população portuguesa distribuía-se conforme ilustra a Figura 13.

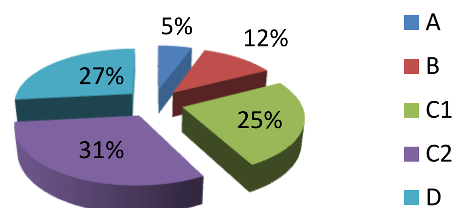


Figura 13 – Classes sociais em Portugal no ano 2003

A segmentação comportamental tem em conta as ações dos consumidores, mais especificamente de acordo com os níveis de utilidade que um produto representa para um consumidor, com a situação ou ocasião do momento e local da compra ou com a frequência e utilização de um produto (Bihelerová, 2010; Bonilla, 2010). Segundo Applebaum (1951), o comportamento do cliente de um estabelecimento de retalho alimentar pode ser agrupado com base:

- No local de compra;
- Nos itens comprados – que itens e que quantidade de cada item;
- Na altura e frequência da compra – especialmente no retalho alimentar;
- No método de compra – se o cliente está sozinho ou acompanhado quando faz as compras, se vai buscá-las ou prefere trazê-las, etc.;
- Na reação aos dispositivos de promoção de vendas.

A segmentação psicográfica ou de estilo de vida agrupa os consumidores de acordo com as suas características psicológicas, valores, necessidades, motivos, atitudes e perceções (Bihelerová, 2010).

Posteriormente à segmentação dos consumidores, as ferramentas do *marketing mix* são orientadas aos segmentos a perseguir e cada segmento deve preencher determinados requisitos (Bihelerová, 2010; Brijs, 2002):

- Homogéneo – cada segmento deve ter características unificadoras de relevo;
- Diferenciado – deve ser fácil identificar o segmento;
- Mensurável – o tamanho de cada segmento deve poder ser medido;
- Tamanho adequado – o tamanho do segmento deve ser grande o suficiente para poder ser lucrativo mas não tão grande que atraia a atenção da concorrência;
- Acessível – a companhia deve conseguir alcançar o segmento;
- Relevante – o segmento deve ser relevante e alinhado com os objetivos da companhia.

Uma boa segmentação tem a capacidade de apontar os grupos que vale a pena perseguir, como por exemplo, pessoas que estão insatisfeitas, que são mal servidas e aquelas que poderão fazer a sua primeira compra (Molefe, 2006). Depois de escolhidos os segmentos deve-se aplicar uma das seguintes estratégias (Bihelerová, 2010):

- Estandardizada – não diferencia os segmentos e utiliza marketing de massa;
- Diferenciada – orienta-se para dois ou mais segmentos com ajustes nos programas de marketing;
- Concentrada – orienta um produto para um único segmento com um *marketing mix* único e ajustado para esse segmento.

A estratégia de marketing tem de incluir o posicionamento da companhia e dos seus produtos que tem de ser específico, único e claramente entendido pelos clientes, ou seja, o mercado deverá entender a característica ou competência distinta da concorrência. A base do posicionamento eficaz é a diferenciação que cria valor percebido na medida em que o mercado é capaz de pagar um preço mais elevado pelo produto.

Em seguida, faz-se uma primeira caracterização do mercado que poderá ter interesse nos produtos disponibilizados pelo robô, nomeadamente os turistas que viajaram por motivos de “Lazer, Recreio e Férias”.

Conforme mencionado anteriormente, as praias portuguesas são um grande atrativo turístico, tanto interno como externo. De acordo com as publicações anuais do Turismo de Portugal (2010a, 2010b), 11 milhões de passageiros originários de voos internacionais desembarcaram nos aeroportos portugueses em 2010 contribuindo para um aumento de 10% em relação ao ano anterior. Os turistas brasileiros e norte-americanos tiveram os maiores aumentos percentuais de 57,5% e 24,2%, respetivamente. O Reino Unido surge como o principal mercado emissor de receitas para Portugal, com 1,4 mil milhões de euros, e o acréscimo absoluto mais significativo em receitas foi o do mercado francês com mais 110 milhões de euros – mais 9% que o ano anterior.

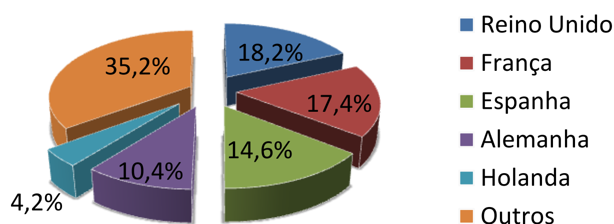


Figura 14 – Receitas do turismo por país de residência (Turismo de Portugal, 2010b)

Em 2010, o consumo do turismo no território económico foi de 16 mil milhões de euros e registaram-se 37,4 milhões de dormidas em estabelecimentos de pernoitamento. Os 5 principais mercados emissores de turistas, que representaram 64,8% das dormidas dos estrangeiros, foram Reino Unido, França, Espanha, Alemanha e Holanda – ver Figura 14.

Assistiu-se ainda a uma retração do turismo interno, com apenas 37% da população residente – cerca de 4 milhões de residentes – a realizar no mínimo uma viagem turística em 2010 e o número de viagens a registar-se nos 15 milhões, correspondendo o motivo de “Lazer, Recreio e Férias” a 48,6% dos viajantes.

O perfil sociodemográfico do turista nacional é de um indivíduo com idades compreendidas entre os 25 e os 44 anos (31,7%), com emprego (52,7%) e apenas 14,4% não tem nenhum nível de escolaridade. Na Figura 15 especifica-se a composição etária dos turistas residentes que viajaram pelo motivo de “Lazer, Recreio e Férias”.

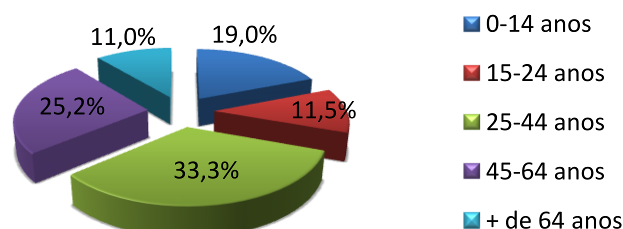


Figura 15 – Distribuição etária dos indivíduos que viajaram por "Lazer, Recreio e Férias" (Turismo de Portugal, 2010a)

Em 2010, as regiões mais procuradas pelo motivo "Lazer, Recreio e Férias" foram o Algarve e o Centro – 39,3% e 22,9%, respetivamente – seguidos de Lisboa, Alentejo, Norte, Açores e Madeira, ordenadamente com 12,0%, 11,5%, 11,5%, 1,6% e 1,3% do número total de dormidas.

O mês preferido para os portugueses viajarem foi o mês de agosto com cerca de 2,5 milhões de deslocações que originaram 17,5 milhões de dormidas (32,4%) tanto em alojamentos turísticos como em alojamentos fornecidos gratuitamente por familiares e amigos. O mês de julho também se destacou pelo número de deslocações turísticas iniciadas, com 9,3 milhões de dormidas – cerca de 17,2%. As viagens tiveram uma duração média de 3,9 dias e, quando a viagem foi feita por "Lazer, Recreio e Férias", cada turista gastou em média por viagem 150,89€ e por dia 29,12€, superiorizando assim todos os gastos de todos os outros motivos de viagem. O motivo económico foi o mais referido como um dos que impossibilitaram deslocações turísticas – 51,2% dos turistas nacionais. Referir, por outro lado, que 62% do fluxo turístico estrangeiro ficou concentrado entre maio e outubro, com o mês de julho a apresentar o maior número de passageiros desembarcados – 1,4 milhões. Os feriados e os fins de semana são os dias de maior afluência a estabelecimentos de pernoitamento turístico, indicando um rendimento turístico potencialmente superior nestes dias.

Este estudo centra-se nos turistas e excursionistas nacionais que frequentam as praias portuguesas.

3.2 Retalho de Conveniência

Os consumidores, atualmente, cada vez mais recorrem a estabelecimentos de conveniência. Estes estabelecimentos são definidos como um negócio de retalho, com ênfase especial em providenciar uma compra rápida num local conveniente para um público, e implicam geralmente um período de funcionamento mais alargado (Zheng, 2005). Ora, encaixando o presente RMA neste tipo de venda, é essencial efetuar uma análise direcionada aos aspetos de relevo sobre este tipo de retalho.

Krafft e Mantrala (2010) distinguem quatro tipos de retalhistas: os "Inovadores", os de "Preços Baixos", os do "Grande Meio-termo" e os retalhistas "Em Apuros". Em particular, os "Inovadores", aqueles que em princípio interessa reter para este estudo, direcionam as suas estratégias para os consumidores preocupados com a qualidade dos produtos e alguma espécie de bónus relativa à compra. Este tipo de retalhistas pretende criar, não só um lugar para os seus clientes fazerem as suas compras, mas também, uma experiência única de compras para o cliente, seja pelo aspeto educacional ou de entretenimento.

Na Europa, o retalho está em transformação com o desenvolvimento de um conceito de "inovação da experiência" e os retalhistas que conseguirem integrar as novas tecnologias para melhorar a experiência de compra do cliente triunfarão (Krafft e Mantrala; 2010).

Miller e Washington (2003) citam o *Trend Alert* para visualizar as tendências futuras do retalho:

- Os empregados do sector vão ser mais difíceis de contratar enquanto as profissões mais bem pagas, da era da informação, continuarem a atrair pessoal e a opção será contratar a tempo parcial e adotar uma maior flexibilidade horária ou automatizar os pontos-de-venda;
- Os retalhistas mais astutos utilizarão a tecnologia para oferecer terminais de venda amigos do utilizador, que ajudem os consumidores a localizar o que eles procuram autonomamente;
- Os retalhistas mais iluminados entenderão estar a vender mais do que as suas mercadorias e investirão para proporcionar uma experiência de compras divertida.

De acordo com um estudo da *Food Marketing Institute*, os fatores que levam um consumidor a escolher um retalhista alimentar são a limpeza, os preços, a conveniência da localização e um atendimento rápido (Miller e Washington, 2003). Spencer (2004) acrescenta ainda fatores como diversidade e qualidade dos produtos oferecidos, tempo envolvido no consumo do produto, e horas de funcionamento do local de compra. Para Krafft e Mantrala (2010), as quatro principais dimensões onde um retalhista compete são o preço, a variedade, o sortido de produtos e a localização. Para Zheng (2005), as motivações dos consumidores para comprar num estabelecimento de conveniência, podem ser resumidas, não só à proximidade, mas também à facilidade com que os produtos são encontrados e a possibilidade de acorrer a estes estabelecimentos num horário mais alargado.

Contudo, os principais obstáculos ao fenómeno específico da conveniência não ser mais generalizado é o preço e a gama de produtos limitada e desadequada ao consumidor, especialmente em produtos frescos e produtos com carácter de refeição completa. Segundo Zheng (2005), a rentabilização e sobrevivência dos estabelecimentos de conveniência vai depender da habilidade dos seus operadores em adotar estratégias de exploração de nichos de mercado. Aliás, a existência das superfícies de conveniência deve-se, maioritariamente, aos clientes leais e à oferta das categorias de produtos mais populares. Percebe-se por isso que o desenvolvimento de um maior entendimento das necessidades do consumidor vai continuar a impulsionar o desenvolvimento deste tipo de comércio.

3.3 Produtos Alimentares de Conveniência

Uma vez que o presente robô é basicamente uma MVA alimentar, podendo somente vender o mesmo tipo de produtos que estas máquinas, ou seja, produtos alimentares de conveniência, impõe-se uma análise prévia a esta indústria e à sua oferta, mas também ao modo como os consumidores percecionam e avaliam estes alimentos.

Antes de mais, os produtos alimentares de conveniência são definidos como alimentos preparados, total ou parcialmente, aos quais o tempo de preparação, perícia culinária ou requisitos energéticos foram transferidos para um processador ou distribuidor alimentar (Simelane, 2008).

A alimentação de conveniência tem sido, nos últimos anos, uma indústria em rápido crescimento impulsionada pelas alterações das necessidades dos consumidores, particularmente a entrada das mulheres no mercado de trabalho, o aumento dos rendimentos e um crescimento económico generalizados que conceberam uma sociedade economicamente forte mas com pouco tempo livre (Hoven, 2011; Bonilla, 2010). Também o aumento do número de locais onde se podem comprar alimentos e os comportamentos mais impulsivos e impacientes dos consumidores estão a levar a

uma mudança de hábitos no que diz respeito a refeições mais informais e fora-de-horas (Simelane, 2008).

Num estudo, Gruber et al. (2005) enumeram os tipos de MVA alimentares e as ofertas mais vulgares de cada uma:

- Comestíveis frios: sandes, frutas e vegetais;
- Comestíveis quentes: salgados, bolos;
- Bebidas quentes: café, chocolate-quente, chá, leite;
- Bebidas frias: chá gelado, sumos naturais, refrigerantes;
- *Snacks*: biscoitos, chocolates, doces, pastilhas-elásticas, bolachas e aperitivos;
- Gelados.

Assim se constata que toda a oferta das MVA é constituída por alimentos de conveniência, pelo que se identificam seguidamente as vantagens e o atrativo deste tipo de alimentos (Simelane, 2008):

- Poupança de tempo – reduz-se o tempo de preparação e planeamento de refeições;
- Maior variedade – é possível vender alimentos fora de época;
- Maior conveniência – relativa à portabilidade destes alimentos;
- Extensão do prazo de validade;
- Diminuição do trabalho envolvido – em atividades logísticas;
- Mais fácil armazenamento – incluso no acondicionamento destes alimentos;
- Segurança alimentar – graças aos processos industriais de armazenamento e empacotamento de que estes produtos são alvo.

No entanto, existem também diversas desvantagens associadas aos alimentos de conveniência, como os efeitos negativos na saúde dos consumidores. Para contrariar esta tendência, Simelane (2008) prevê a evolução da orientação desta indústria no sentido de produzir:

- Produtos orgânicos e naturais;
- Produtos especialmente pensados para os consumidores informados – que pesquisam e querem saber o que estão a comer – com ingredientes de elevada qualidade;
- Alimentos funcionais, caracterizados por combater ou prevenir alguma doença;
- Pacotes doseadores que permitam manter as qualidades de um produto depois de aberto e assim estender o prazo em que estes podem ser consumidos;
- Reduzir as porções para controlar o consumo de gorduras e calorias.

Existem de facto várias razões para investir na área da alimentação saudável dentro do retalho de conveniência. Prova disso são os vários trabalhos realizados em torno destes dois temas (Hoven, 2011; Sorenson, 2006; Bonilla, 2010; Barrena e Sánchez, 2010; Oraman e Unakitan, 2010; Miller e Washington, 2003). A alimentação saudável, segundo Bonilla (2010), está a aumentar como consequência dos consumidores terem um nível de educação superior e estarem cada vez mais exigentes, sendo que os consumidores gastam mais dinheiro com fruta e vegetais do que com qualquer outro tipo de alimentos. Uma investigação da Mintel International Group, de acordo com Bonilla (2010), relata a diminuição do consumo de bebidas carbonatadas em cerca de 38% das pessoas inquiridas, o que pode representar um promissor futuro para os sumos naturais. A investigação revelou também que 73% dos inquiridos concordam que a característica mais importante

dos sumos de fruta é o valor nutricional e 61% dos consumidores só comprariam sumo se fosse inteiramente feito de fruta natural.
Mais recentemente, a investigação para a conceção de uma MVA de iogurtes, cereais e fruta, através do método Delphi e conduzida por Hoven (2011), concluiu que a popularidade deste tipo de alimentação só tenderá a aumentar nos próximos 5 anos. Na dissertação de Hoven (2011) estudam-se os produtos frescos mais suscetíveis a serem corrompidos por um longo período de armazenamento nas prateleiras da máquina e finda-se que frutas cortadas são os produtos mais complicados de manter em condições, durando apenas um ou dois dias, já que os iogurtes e os cereais podem ser guardados durante várias semanas graças aos seus processos de produção. Para a fruta cortada, a solução encontrada é a utilização de embalagens de atmosfera modificada para anular os efeitos oxidantes do ar. Outra solução encontrada é a venda de frutas de menores dimensões, como morangos e uvas, que não precisam de ser cortadas para consumo (Hoven, 2011).
Outra tendência reportada foi o aumento da popularidade dos iogurtes, tanto por terem importantes nutrientes face à quantidade de calorias ou gorduras ingeridas como pela introdução do iogurte como alimento funcional e a imagem forte de alimentação saudável que este produto lácteo incorpora (Barrena e Sánchez, 2010). Esta tendência foi acompanhada com o aparecimento da MVA da marca Danone, por exemplo, com produtos da gama MyActivia ou Actimel (Hoven, 2011).
Depois da análise à oferta da indústria, vai agora ser revisto o modo como os consumidores percecionam e avaliam um sortido de produtos alimentares de conveniência, nomeadamente, os fatores que afetam a escolha dos consumidores.
O conceito do consumidor moderno sugere um consumidor caracterizado por um interesse cada vez maior na sua saúde e no papel da alimentação para manter e melhorar o seu bem-estar (Oraman e Unakitan, 2010). Como consequência, estes valores estão a exercer influência na forma como os consumidores percecionam e avaliam os alimentos e os sistemas de produção e consequentemente determinam a escolha de produtos (Costa, 2003).
Simelane (2008) sugere que os determinantes do consumidor para comprar especificamente alimentos de conveniência são a relação qualidade/preço percebida, a perceção de alimento saudável e a poupança de tempo percebida. Por outro lado, os critérios que os consumidores usam atualmente para escolher qualquer tipo de alimento são saúde, nutrição, sabor, preço e conveniência (Bonilla, 2010; Simelane, 2008).
Pela sua importância alguns destes critérios merecem uma referência adicional. Os atributos sensoriais, por exemplo, são os atributos ligados aos cinco sentidos dos seres humanos e que podem ser reduzidos a aparência, sabor, cheiro e textura. Intrinsecamente, o contexto do consumo é outro dos critérios que influencia esta escolha, uma vez que o frio, calor, fome ou sede provêm de sensações e são, por isso, capazes de influenciar e precipitar a escolha de um alimento.
Num estudo elaborado sobre o consumo de refeições pré-preparadas mostrou-se também que os critérios conveniência e tempo poupado eram, a nível de importância, seguidos pelos atributos sensoriais na escolha dos consumidores (Simelane, 2008).
A situação ou ocasião em que um produto de conveniência é consumido é um dos critérios externos. O comportamento dos consumidores é, de facto, melhor entendido quando ligado a uma determinada

situação ou ocasião de consumo já que estes fatores moldam a perceção e escolha dos alimentos. Numa situação de descanso e de tempo de descontração, como sejam férias ou mesmo fins de semana por exemplo, haverá maior consumo de alimentos de conveniência para que se gaste o mínimo tempo possível na preparação das refeições (Simelane, 2008).

Esta secção permitiu saber o tipo de alimentos, nomeadamente categorias de produtos e marcas, propícias a fazer parte do sortido do RMA. Este conhecimento proveio do cruzamento das preferências dos portugueses com as restrições de oferta a que a indústria das MVA está sujeita, ambas expostas no decorrer da secção. Adicionalmente retiraram-se também os critérios que influenciam os consumidores na compra de produtos alimentares de conveniência no robô, igualmente expostos na secção.

3.4 Planeamento de Sortidos de Mercadoria

A pressão que os retalhistas sentem em inovar, em satisfazer as necessidades do consumidor e em se diferenciar da concorrência forçam-nos a criar um *stock* de cada vez mais artigos (Miller e Washington, 2003). No entanto, para continuarem competitivos, os retalhistas têm de racionalizar o seu sortido de produtos.

O tema do planeamento de sortidos é de acrescida importância no caso do presente robô, uma vez que o mesmo possui constrangimentos dimensionais acentuados e que os acessos mais importantes para a reposição de *stocks* são mais difíceis. É, portanto, imperativo selecionar um sortido balanceado entre o que é requerido pelo mercado e as restrições técnicas e logísticas do projeto. Por esta razão, na presente secção são avaliados alguns dos procedimentos para a seleção de um sortido de produtos.

A lealdade dos clientes e as quotas de mercado são função da oferta bem-sucedida de um sortido de produtos, já que o impacto financeiro de uma rutura de *stock*, ou de um produto esgotado, pode ter um resultado bem pior que a perda exclusiva das vendas a curto prazo (Trautrims, 2011). Por outro lado, sortidos de produtos muito extensos podem ter outros efeitos negativos, além de custos acrescidos – de *stock*, manuseamento, etc. (Brijs, 2002). Exemplos destes efeitos são o aumento da dificuldade de escolha do consumidor, estimulando emoções negativas, o aumento do arrependimento e a diminuição da compra de produtos, sendo estas consequências ainda mais acentuadas nos consumidores que não têm bem definido o que procuram (Krafft e Mantrala, 2010).

O objetivo do planeamento do sortido de mercadorias é especificar a gama de produtos que maximiza as vendas ou a margem bruta sujeita a restrições e outros fenómenos, como o orçamento limitado para a compra de produtos, o espaço limitado para o armazenamento dos produtos e a margem de lucro inerente a cada produto (Kök et al., 2009; Kök e Fisher, 2007). O fenómeno da substituição, segundo o qual os consumidores são capazes de comprar produtos semelhantes aos seus favoritos, no caso da inexistência dos últimos, é outro dos influentes nesta função (Kök e Fisher, 2007).

Muitos retalhistas estão a adotar uma estratégia de sortidos eficientes que procuram, principalmente, o conjunto de produtos mais rentável eliminando aqueles produtos que não têm tanto sucesso. (Cachon e Kök, 2007). Outras estratégias passam por aumentar a diversificação dos produtos oferecidos ou aumentar a especialização relativa a uma dada categoria ou subcategoria de produtos

(Hart, 1999). Um ponto assente sobre este tema é que a periodicidade e custos de reposição de *stock* aumentam proporcionalmente com a variedade de produtos de um retalhista (Anupindi et al., 1998).

Não existe, contudo, uma solução ótima e generalizada para o problema dos sortidos pelo que o mesmo continua a ser estudado por inúmeros académicos. De facto, a maioria das soluções disponíveis contempla a existência de informação relativa ao historial de vendas e a custos de inventário e manuseamento que, no início de um novo negócio de retalho, não existe. Estas soluções carecem, igualmente, de testes generalistas em ambiente real que apontem ao bom cumprimento dos objetivos do planeamento (Brijs, 2002; Vaidyanathan, 2011; Maddah, 2005; Kök et al., 2009; Kök e Fisher, 2007; Cachon e Kök, 2007; Brijs et al., 1999).

Outro problema, a respeito dos trabalhos já trazidos a público, é o sujeito para os quais estes foram criados, as grandes superfícies comerciais. De facto, os trabalhos relativos ao planeamento de inventário numa MVA (Anupindi et al., 1998; Miyamoto et al., 2003; Lin et al., 2011), onde as limitações de espaço são mais acentuadas e os clientes compram um número de artigos mínimo – geralmente um – são escassos e exigem saber de antemão uma série de dados difíceis de obter, como o historial das transações (Kök et al., 2009; Brijs et al., 1999).

Lin et al. (2011) foram os únicos autores encontrados na revisão de literatura a abordarem o problema de início de negócio de uma MVA. A solução encontrada utiliza uma regra geral baseada nas melhores vendas de outras máquinas para escolher o sortido de produtos inicial, independentemente da localização e mercado da máquina. Outro requisito que os autores impõem nesta solução é a seleção de um sortido inicial de produtos com diferenças acentuadas nos atributos de cada produto oferecido. Segundo os autores, tal seleção permite posteriormente recolher dados significativos, como os registos das transações, e desenvolver o sortido "ideal" de produtos.

Em jeito de conclusão, constata-se que a solução de Lin et al. (2011) é uma solução simples, que toma em consideração a oferta da indústria, mas que não tem em conta as preferências do consumidor. Por isso mesmo, os métodos de análise de mercado, utilizados no decorrer deste estudo, são desenhados com o intuito de complementar o estudo do autor previamente mencionado. Particularmente, a investigação primária do mercado será conduzida utilizando as variáveis mais apropriadas, segundo a revisão da literatura aqui realizada, e procurando encontrar o sortido "ideal" de produtos com base no levantamento das necessidades dos consumidores.

4 Metodologia

4.1 Robótica

Como o título desta dissertação indica, este trabalho tem por objetivo conceber um produto inovador: um RMA para venda de produtos alimentares em praias. Na estruturação dos trabalhos, decidiu-se dividir a metodologia da parte robótica em duas componentes: a de conceptualização do robô e a da avaliação da viabilidade energética do projeto. Nelas são tratados os temas do processo de conceção do robô e do serviço prestado pelo mesmo, sendo estabelecidos metas e objetivos centrais para guiar o processo nas tomadas de decisões sobre a forma, locomoção, perceção, planeamento, navegação do robô, captação e armazenamento de energia.

Tomando como exemplos as características das MVA estudadas no estado da arte, nomeadamente no que diz respeito à refrigeração, interação da máquina com o consumidor e desenho da forma, e as características dos RMA, particularmente nos temas da locomoção (AGV, iMerc, Hyperion e Zoë), da perceção (SnackBot, Hyperion e Zoë), do planeamento e navegação (robô da Heineken, SnackBot) e da autonomia energética (Hyperion e Zoë), mas também da interação com o consumidor (SnackBot), do desenho da forma (SnackBot) e da refrigeração (HelpMate e iMerc), desenvolveu-se o robô acima proposto.

Adianta-se ainda que em relação ao nível de autonomia, os robôs podem ser classificados em quatro categorias: veículos operados remotamente, veículos autónomos, veículos guiados automaticamente e veículos supervisionados. Os veículos supervisionados, especificamente, são aqueles cujo sistema de controlo, por não ser totalmente autónomo, está dependente de um operador externo que envia os seus próprios comandos para complementar o sistema (Murphy, 2000; Gage, 1995). Uma vez que o robô aqui concebido trabalha num meio muito dinâmico e povoado, onde a segurança das pessoas é uma prioridade máxima, o veículo supervisionado é o escolhido.

4.1.1 Conceptualização

O robô concebido neste projeto divide-se segundo funções em três subsistemas: subsistema de MVA, que engloba os aspetos de interação com o utilizador, venda e refrigeração dos produtos; subsistema de captação e armazenamento de energia, que trata dos aspetos da alimentação energética do robô; e subsistema de RMA, que engloba os aspetos de locomoção, perceção, planeamento, navegação, controlo e supervisão. Enquanto a secção de Conceptualização incide mais sobre o RMA, a secção de Avaliação da Viabilidade Energética lida também com os restantes subsistemas. Antes de iniciar o processo de criação de um RMA deve-se atentar num determinado número de fatores e condicionantes específicos, não só identificando a real necessidade do mesmo mas também os principais obstáculos relativamente ao meio onde opera e às exigências da sua atuação. Estes condicionantes são de seguida enumerados, segundo classes:

- Propósito da aplicação – criar uma plataforma de suporte a banhistas, distribuindo produtos alimentares por praias onde não existam bares, cafés ou restaurantes de praia[3], ou quando estes existam, os clientes valorizem um serviço mais próximo e conveniente que o atual;
- Fundamentação para a automatização da tarefa – aumentar a disponibilidade, rapidez, conveniência e qualidade na distribuição de produtos alimentares nas praias;
- Desafios tecnológicos em termos de funcionalidade, desempenho ou custo da aplicação – ambiente muito quente, com grandes níveis de insolação, geralmente ventoso, ar húmido e salgado, piso arenoso e irregular, zona de atuação dinâmica e com alta densidade populacional, impossibilidade de utilizar os recursos energéticos poluentes convencionais nas praias, e preços elevados dos componentes e materiais de alta tecnologia;
- Área operacional pretendida para o sistema – um trajeto predefinido remotamente, afastado da zona de maior concentração populacional e do mar, e fora da zona das dunas – ainda que próximo das mesmas;

[3] Daqui em diante serão designados por bar ou estabelecimento de praia.

- Modo de locomoção do veículo – sobre rodas, semelhantes às utilizadas no transporte de gaivotas, barcos e outras plataformas de entretenimento balnear.

Com o objetivo de aportar valor ao consumidor, ganhando competitividade face às ofertas da concorrência, e de tornar este projeto económica e energeticamente viável, estabelecem-se as seguintes diretivas pelas quais todo o processo de conceptualização do robô e do serviço se regem (Carreira, 2007):

1. O robô deve ter um desenho atrativo e não intimidador, desde que estas duas características não comprometam a fácil identificação da sua função – MVA;
2. O robô deve ser amigo do ambiente mas não perder os seus traços de alta tecnologia, permitindo uma boa imagem corporativa sem comprometer a experiência de compra diferente;
   2.1. O robô deve utilizar os recursos energéticos não fósseis disponíveis e ter paredes compostas de um material que seja exemplar em isolamento térmico;
   2.2. O robô deve enviar a informação relativa ao estado da bateria para o sistema de supervisão que, por sua vez, deve comparar com as informações meteorológicas disponíveis para prever as necessidades energéticas do robô e enviar-lhe de volta as tarefas adequadas;
3. O controlo do robô deve ser semiautónomo com um trajeto pré-programado para simplificar e facilitar a viabilização técnica do projeto;
   3.1. A distância para obter um produto deve ser menor se for obtido de um dos robôs ao invés de um dos bares de praia, exigindo um menor esforço ao cliente que queira adquiri-lo;
   3.2. O trajeto do robô deve ser delineado a uma distância considerável das pessoas;
   3.3. O trajeto do robô deve ser delineado com o intuito de maximizar a energia captada pelos painéis Fotovoltaicos (FV), principal meio de captação energética neste projeto;
   3.4. O deslocamento do robô deve ter movimentos lentos e fluidos – aceleração e velocidade limitadas – deve ser ágil – tração diferencial – estável e robusto – baixo centro de massa e painéis FV retrácteis não sujeitos a serem arrancados pela força do vento – e dotado da capacidade de deteção e desvio de obstáculos que se encontrem no caminho;
4. Os compartimentos do robô devem apresentar a flexibilidade necessária ao projeto;
   4.1. O sistema de refrigeração deve assegurar sempre uma temperatura adequada para cada um dos produtos oferecidos, independentemente dos recursos energéticos disponíveis;
   4.2. O produto deve chegar ao consumidor em condições ideais de integridade, isto é, os produtos têm de ser guardados de modo a poderem sofrer solavancos no percurso;
   4.3. O local onde os produtos são acomodados deve ser percebido como higiénico e isolado;
5. O robô deve acomodar quantidade suficiente de produtos para não os deixar esgotar;
6. A interação do cliente com o robô deve ser fácil e intuitiva, na medida em que o cliente entenda facilmente o que tem de fazer para obter o seu produto do robô;
   6.1. Deve ser assumido que os banhistas não tenham qualquer formação ou familiaridade prévia com a utilização de robôs;
   6.2. O menu e preços dos produtos devem ser explícitos, intuitivos, ilustrativos;
   6.3. A interação do cliente com o robô, no ato de pagamento, seleção e recolha do produto, não pode exigir um esforço significativo nem uma postura desconfortável ou pouco natural;

7. A construção do robô deve ter por base a utilização de peças e componentes que beneficiem de economias de escala, sempre que possível – desde que não interfiram com o carácter energeticamente autónomo do robô – para diminuir o custo de produção do robô;
8. O robô deve estar preparado para sofrer tentativas de vandalismo, furto ou outro tipo de ataque;
   8.1. O robô deve utilizar os sensores à sua disposição para se proteger;
   8.2. O robô deve aparentar ser sólido, maciço e impenetrável para demover quaisquer aspirações de possíveis sabotadores.

Atendendo às condicionantes e diretrizes acima mencionadas, a sequência e metodologia de desenvolvimento da secção de Resultados de Conceptualização são descritas seguidamente. Inicialmente fez-se uma planificação do serviço onde, dada a alta sazonalidade do negócio em que o RMA se insere, é analisada a época mais propícia à sua colocação nas praias, tendo em conta a potencial faturação, estimada com base na investigação secundária da secção **Erro! A origem da eferência não foi encontrada.**, e a viabilidade energética, fundamentada com uma verificação prévia aos valores de radiação mensais em Portugal. Na planificação do serviço, são ainda definidas as diversas considerações logísticas do processo, seja na preparação, colocação ou recolha das máquinas em campo, e são acompanhadas todas as operações de movimentação do robô, ou interrupção da mesma.

Depois disto, inicia-se a apresentação do processo de modelação 3D da forma com recurso ao *software* de CAD, Solidworks. Examinando os atributos dos robôs analisados na secção 2.2, são escolhidos os que se adequam a uma MVA incorporada num RMA todo-o-terreno e energeticamente autónomo e apresenta-se a evolução do protótipo visual, que é ilustrada e devidamente justificada com base em considerações legais, de marketing, de ergonomia, nomeadamente nos esforços requeridos para interagir com o robô, de interface Homem Máquina, visando criar um menu, sistema de pagamento e sistema de dispensa de produtos simples, atrativo e acessível, e finalmente de locomoção. Os temas da localização, navegação e controlo do RMA são também tratados, fazendo especial referência aos procedimentos de desvio de obstáculos, planeamento de trajetórias e localização. Estas secções são desenvolvidas com recurso ao livro de Siegwart et al. (2011), que enumera diversas soluções para cada tema, sendo as soluções escolhidas e justificadas caso a caso depois de avaliadas pela sua aplicabilidade e pragmatismo no presente RMA.

4.1.2 Viabilidade Energética

Num robô que trabalha nas praias, onde não se encontram tomadas elétricas com a mesma facilidade que se encontraria no interior de um edifício, por exemplo, e que vende produtos com determinadas necessidades térmicas, é fulcral proceder a uma avaliação da viabilidade energética.

Na análise de viabilidade energética, os consumos de energia são obviamente atribuídos às componentes RMA e MVA enquanto os recursos energéticos provêm do micro aerogerador e do painel FV. As baterias, por seu lado, equilibram os ganhos e consumos energéticos do sistema, sendo carregadas quando exista um excedente energético e fornecendo elas o suplemento de energia quando exista pouca energia a ser produzida – caso o céu esteja encoberto num dia sem vento, por exemplo – ou quando o consumo é elevado – caso do robô ter de subir uma duna, por

exemplo. Estas baterias devem por isso ser corretamente dimensionadas para assegurar o funcionamento do robô mesmo nos períodos de menor produção energética.

Metodologicamente, a secção Resultados da Avaliação da Viabilidade Energética é tratada separadamente consoante os componentes. Assim, para o consumo da componente MVA obtém-se primeiramente a lista das MVA mais eficientes ditada pela Energy STAR, que é o programa de regulamentação energética das MVA refrigeradas dos EUA (Estados Unidos da América). Seguidamente calculam-se rácios de capacidade e de volume por consumo energético, de modo a poder selecionar a MVA de maior eficiência. Com estes dados, multiplica-se finalmente o valor do volume do compartimento refrigerado do RMA, obtido através do Solidworks, pelo valor do rácio volume por consumo da MVA mais eficiente.

Para a componente RMA, primeiramente dimensionam-se os motores elétricos de modo a obter os valores das suas potências, adaptando o método utilizado por Carreira (2007). Posteriormente selecionam-se os restantes componentes mecatrónicos necessários para o normal funcionamento do robô, conforme o estabelecido na secção de Conceptualização, e calculam-se as suas potências recorrendo às especificações técnicas dos componentes.

Na componente de captação energética, são escolhidos os painéis FV com maior aproveitamento energético do mercado e calculada a energia produzida face aos níveis de radiação registados na costa portuguesa, recorrendo ao PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*). Seleciona-se também a microturbina, atendendo ao espaço disponível e custos, estimando a energia produzida com os dados da sua ficha técnica e das velocidades médias do vento registadas na costa portuguesa, recolhidas através do programa o programa LocClim (*Local Climate Estimator*). Finalmente, na componente de armazenamento energético escolhem-se as baterias com o melhor rácio de armazenamento por peso e estabelecem-se algumas premissas para calcular a capacidade total.

Para concluir, a diferença entre a energia produzida pela componente de captação e a consumida pela componente de MVA é calculada e com este excedente energético estima-se então o tempo diário em que a componente RMA estará ativa.

Em modo de resumo, a metodologia a seguir no projeto da plataforma robótica será a seguinte:

- Elaboração de um modelo virtual usando uma ferramenta de CAD 3D (SolidWorks) que responda aos requisitos enunciados de imagem atrativa, não intimadora, amiga do ambiente, com armazenamento de produtos de forma higiénica e refrigerada, e com uma interação com o cliente de forma fácil e intuitiva, seguindo os processos de conceptualização apresentados em Carreira (2007).
- Análise dos aspetos de controlo de trajetórias, desvios de obstáculos, navegação e localização, seguindo as metodologias indicadas em Siegwart et al. (2011) e o dimensionamento dos motores elétricos adaptando o método utilizado por Carreira (2007).
- Análise energética para estimar o balanço entre ganhos e gastos de energia, e para calcular o tempo em que o RMA poderá estar autonomamente ativo. Para este estudo de dimensionamento das baterias entrarão, do lado do consumo, os valores típicos das MVA

eficientes, segundo a Energy STAR (2012), e os consumos dos motores elétricos e dos vários componentes escolhidos. Do lado da produção serão usados os rendimentos dos geradores e painéis FV escolhidos, adaptados aos valores típicos disponíveis de energia eólica e solar da costa portuguesa, obtidos através dos programas LocClim e do PVGIS, respetivamente.

4.2 Marketing

Em qualquer estudo de mercado deve ser sempre delimitado e indicado o que vai ser investigado. Como o robô representa um novo meio de retalho alimentar, interessa determinar:

- Os hábitos do banhista, em particular o número de dias que vai à praia por ano, o montante gasto em cada um destes dias, o horário em que costuma comprar bens alimentares e os produtos normalmente consumidos na praia;
- Os produtos que o mercado quer encontrar no RMA;
- Os atributos do robô mais valorizados pelo banhista;
- Segmentos de mercado com base nos atributos do RMA e do respetivo serviço;
- Os segmentos que serão o alvo preferencial deste serviço.

4.2.1 Desenho da Investigação

No desenho desta investigação – ver Figura 16 – é utilizada uma investigação exploratória e uma descritiva, a primeira para alcançar uma melhor compreensão sobre o tema em estudo e a segunda para, com base na primeira, alcançar os objetivos acima referidos (Simelane, 2008).

Na parte exploratória, são utilizadas entrevistas semiestruturadas para obter um panorama geral com a ajuda de potenciais consumidores e retalhistas que trabalham na mesma área. Para alguns destes retalhistas, nomeadamente os vendedores ambulantes (VA), mais reticentes a responderem abertamente às questões, é utilizado o método de observação para averiguar os preços, oferta e procura dos seus produtos. Os questionários são construídos com base nos dados recolhidos nesta primeira fase.

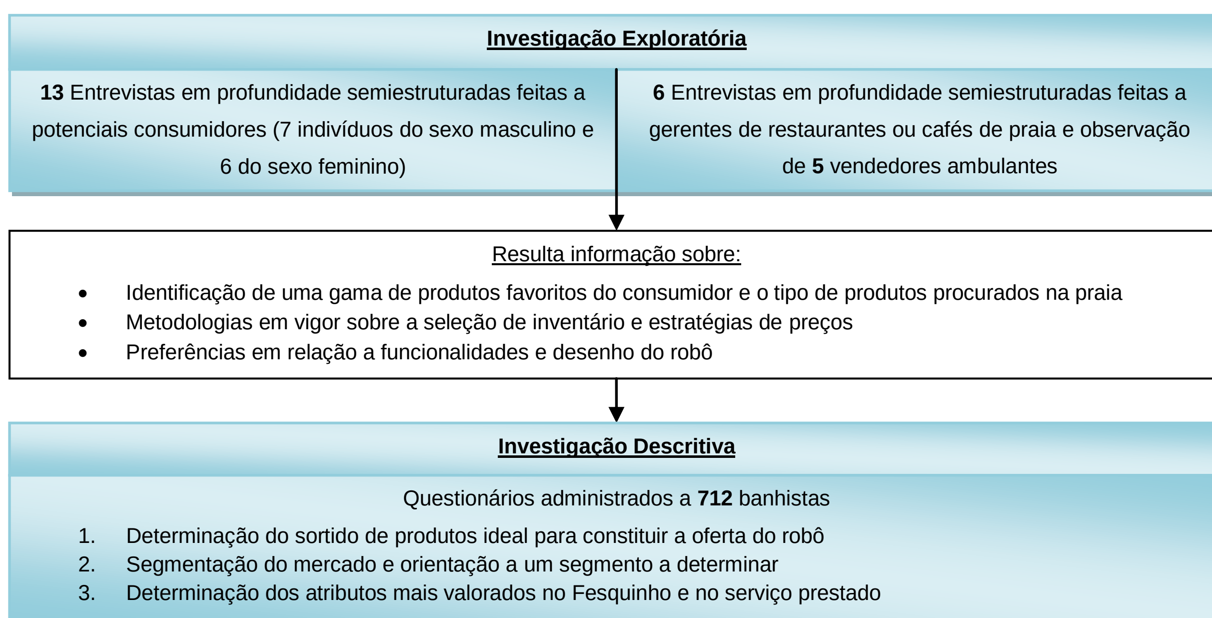


Figura 16 – Desenho do processo de investigação

Dentro da fase exploratória estão as entrevistas em profundidade, onde se utilizam guias semiestruturados, contendo propósitos claramente definidos mas que permitem uma flexibilidade na discussão e ordenação dos tópicos e questões em discussão (Sorenson, 2006). A observação, que frequentemente se usa na área alimentar (Costa, 2003) e é capaz de obter informação com um nível de detalhe superior (Miller e Washington, 2003), é o outro método qualitativo utilizado.

A seleção da amostra dos banhistas[4], a quem se conduziu as entrevistas em profundidade nesta fase, foi feita por conveniência, na praia do Guincho durante o dia 3 de julho de 2012. O método de conveniência foi também usado para o recrutamento dos gerentes dos estabelecimentos de praia e VA, sendo efetuado em diversas praias da costa da Caparica – nomeadamente a praia de S. João, a praia do Castelo, a praia do Rei e a praia da Nova Vaga – mas também nas praias de Carcavelos e do Guincho, durante o mês de julho de 2012. Os comerciantes dos estabelecimentos de praia que aceitaram ser inquiridos para o estudo foram selecionados, e os VA foram, não só observados, mas também inquiridos mediante a compra de um item por eles vendido.

Já na investigação descritiva, importa saber que os questionários são uma ferramenta vulgarmente utilizada para este tipo de investigação (Trautrims, 2011) e têm o intuito de obter informação dos inquiridos de forma direta e transparente. Um questionário compila uma grande quantidade de dados sobre um único indivíduo em determinado momento, assegura a estandardização e comparação de resultados entre inquiridos, aumenta a velocidade e precisão da recolha, e facilita o tratamento dos dados (Malhotra, 2006; Olivier, 2008).

4.2.2 Elaboração do questionário

Neste estudo foi utilizado um questionário para preenchimento *online*. O desenho do questionário – que pode ser consultado no Anexo I – reparte-se em quatro secções de perguntas antecedidas por uma pequena nota introdutória. Nesta nota foram seguidas as linhas condutoras de Hill e Hill (1998) que dão algumas sugestões para aumentar a taxa de cooperação no inquérito, uma vez que este é o primeiro contacto que o inquirido terá com o questionário e é importante deixar uma boa impressão. De seguida, faz-se uma filtragem da população de interesse com uma pergunta introdutória para obter apenas as respostas das pessoas que já compraram bens alimentares na praia.

Houve um especial cuidado em facilitar o acesso e navegação nas imagens, através de um *link* que executava automaticamente um *slide show*, e em manter uma extensão de texto curta para não fatigar o inquirido no seu primeiro contacto com o estudo (Olivier, 2008). Depois da introdução, o questionário reparte-se ordenadamente pelas seguintes secções:

1) Hábitos do consumidor – caracterizam o inquirido sobre o seu comportamento de compra de bens alimentares na praia em relação a tipo de retalhista preferido, frequência da compra potencial, montante gasto nas compras efetivas, intervalo de tempo preferido para efetuar as compras do dia e categorias de produtos mais consumidas na praia;
2) Determinação das preferências do consumidor relativamente aos bens alimentares do robô e respetivos preços – identifica a preferência do inquirido face aos produtos que espera encontrar no robô e a sua disponibilidade de pagamento nesse cenário.

[4] Termo utilizado daqui em diante para fazer referência ao potencial consumidor seja ele turista ou excursionista.

3) Opinião do consumidor face ao robô – visa identificar e priorizar as funcionalidades, características e atributos mais valorados pelo inquirido, tanto no robô como no serviço prestado, e identificar quais aqueles em que não é percebido valor acrescentado.
4) Informação Demográfica – caracteriza o inquirido sobre os seus aspetos geodemográficos e socioeconómicos como idade, género, região de residência e de frequência balnear, educação, ocupação e existência de crianças no agregado familiar.

A ordem destas secções foi definida tendo em vista a fadiga acumulada e a predisposição do inquirido para responder a questões mais pessoais. Todas as questões foram desenhadas com o intuito de não parecerem demasiado intimidadoras ou complexas, recorrendo a linguagem simples e acessível, e instruções de resposta claras e concisas, conforme Malhotra (2006) aconselha.

Para o questionário são ainda utilizadas escalas de importância e escalas Likert, ambas de 5 pontos, cuja aplicabilidade e integridade foi vastamente validada em outros trabalhos (Campos e Forster, 2008). A utilização de 5 pontos nas escalas tem as vantagens de ser um número suficiente para aplicar métodos estatísticos multivariados e proporcionar uma maior facilidade de preenchimento, especialmente para os inquiridos com um nível de instrução mais baixo (Hill e Hill, 1998; Friedman e Amoo, 1999).

Quando, no questionário, se solicitam factos quantitativos de que o autor desconheça a provável gama de valores, são utilizados como referência, tanto os valores mais referidos nas entrevistas, como o formato dos dados da investigação secundária. E nos casos onde se impunha a necessidade de obter informação detalhada utilizaram-se perguntas abertas.

Durante o mês de outubro de 2012, os questionários foram pré testados numa pequena amostra de conveniência, assegurando que quaisquer problemas com o formato, ou com as questões, pudessem ser resolvidos antes de ser iniciado o trabalho de campo (Olivier, 2008; Malhotra, 2006; Brandão e Bahry, 2005).

4.2.3 População, Amostra e Recolha de Informação

A unidade de análise nesta investigação descritiva é o banhista português que realiza férias na praia e que tem por hábito comprar produtos alimentares nesse local. Dada a dimensão da população e o gasto de tempo e recursos que envolveria investigar a população por inteiro, nesta investigação os inquiridos são recrutados segundo a técnica de amostragem do tipo “bola de neve” em que os inquiridos da primeira vaga foram selecionados pelo método de conveniência (Snijders, 1992). Estas opções foram tomadas de modo a simplificar e acelerar a exploração do problema (Simelane, 2008; Sorenson, 2006). Para o envio dos convites iniciais, este autor utilizou a rede social Facebook e apelou aos cerca de 800 contactos próprios que divulgassem o questionário através de um *link*. O questionário foi disponibilizado entre 3 de novembro de 2012 e 7 de janeiro de 2013, sendo que mais de metade das respostas foi obtida a 3 e 4 de novembro.

4.2.4 Análise dos Dados

Após a recolha dos questionários, a análise de dados, nomeadamente a estatística descritiva, a análise fatorial e a análise de *clusters*, foi feita recorrendo ao programa de tratamento estatístico de dados SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*).

4.2.4.1 Análise Fatorial

A análise fatorial pode ser vista como um conjunto de técnicas estatísticas para reduzir dados, ou seja, para criar, a partir de um conjunto de variáveis altamente correlacionadas, um pequeno número de índices, fatores ou dimensões que capturam a informação estatística contida no conjunto original (Sharma e Kumar, 2006; Del Campo et al., 2008; Bonilla, 2010; Gaskin, 2012). Segundo Norusis (1990) a análise fatorial desenvolve-se em quatro etapas.

Na primeira etapa visualiza-se a matriz das correlações e identificam-se as variáveis mais correlacionadas, sendo que devem ser incluídas na análise todas as variáveis que tenham pelo menos um coeficiente de correlação superior a 0,3 (Del Campo et al., 2008). Do teste de esfericidade de Bartlett, que permite testar a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, deve resultar um valor alto e um nível associado de significância baixo. O valor da medida de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) deve ser maior ou igual a 0,6 para que a matriz de correlação deja considerada adequada para prosseguir com a análise fatorial – os valores no teste de KMO são classificados como inaceitáveis se forem inferiores a 0,5, miseráveis se nos 0,50's, medíocres se nos 0,60's, medianos se nos 0,70's, meritórios se nos 0,80's e maravilhosos se superiores a 0,90 (Norusis, 1990).

Na segunda etapa, que diz respeito aos métodos de extração de fatores, selecionou-se o PCA (*Principal Component Analysis*) porque esta técnica não implica qualquer suposição sobre os dados originais, permitindo simultaneamente que com poucos fatores se consiga explicar grande parte da variância total (Del Campo et al., 2008). Ainda dentro desta etapa, cabe determinar o número de fatores. Um critério utilizado para este fim é escolher apenas os fatores com *eigenvalues* superiores a 1. Analogamente deve-se também efetuar o teste do Scree de Cattel (1966), analisar a percentagem total de variância explicada pelos fatores, que deverá ser no mínimo 60% (Gaskin, 2012), e analisar os valores das *communalities* das variáveis, sendo que os valores desejados não deverão ser inferiores a 0,50 (Costello, 2009; Field, 2009).

A terceira etapa abrange a rotação e interpretação dos fatores. A rotação dos fatores, particularmente, é executada para permitir uma mais fácil interpretação de cada fator (Norusis, 1990). Para este fim foi utilizado o método varimax, uma vez que este é o mais utilizado e melhora substancialmente a interpretação da solução. Além disso, por ser um método ortogonal, o varimax impõe que os fatores não se correlacionem (Gaskin, 2012). Por outro lado, na interpretação dos fatores, as variáveis com maiores *factor loadings* devem ser tidas em conta na caracterização de cada fator (Hair et al. 2010; Field, 2009; Gaskin, 2012).

Finalmente, na quarta etapa os *factor scores* são calculados para cada um dos casos da amostra (Norusis, 1990) e é a partir destes valores que se conduz a análise de *clusters*.

4.2.4.2 Análise de Clusters

A análise de *clusters* é uma ferramenta vastamente utilizada e bastante popular quando se trata de identificar ou construir segmentos de mercado baseados em dados prévios (Dolnicar, 2003; Kuo et al., 2002; Jain et al.,1999). De facto, a abstração de dados conseguida através desta análise aumenta a eficiência dos processos de tomada de decisão, dá uma descrição simples e intuitiva dos grupos

para uma fácil compreensão e ajuda na compressão dos dados para que possam ser posteriormente utilizados noutras análises (Jain et al.,1999).

Existe uma grande abundância de diferentes abordagens para executar uma análise de *clusters* mas pouca orientação é dada sobre quais as que se devem usar na prática (Mooi e Sarstedt, 2011a). Por esta razão, todas as decisões referentes às secções da análise de *clusters* consequente foram tomadas tendo em conta apenas os métodos disponibilizados pelo SPSS (Hardy, 1996). De seguida, analisam-se as etapas que Milligan e Cooper (1987) e Bonilla (2010) defendem para uma adequada análise de *clusters*.

Na seleção dos casos a agrupar, Formann (1985) sugere que o tamanho mínimo de uma amostra deva obedecer à regra dos $5*2^k$ casos ou observações, em que k é o número de variáveis. Uma vez que o número de variáveis em estudo é superior ao requerido, recorrer-se-á a uma análise fatorial. A análise fatorial, além de diminuir o número de variáveis, serve também para criar variáveis não correlacionadas – os fatores ou dimensões – o que permite identificar *clusters* que incorporam as características destas variáveis (Del Campo et al., 2008; Tuma et al., 2009; Sugar e James, 2003).

A decisão que envolve a seleção da medida de semelhança ou de disparidade é feita conjuntamente com a decisão da seleção do algoritmo de aglomeração, tendo naturalmente em conta o tipo de dados a tratar. Dentro dos algoritmos hierárquicos, vários estudos tendem a corroborar com a ideia de que o tradicional método hierárquico de Ward (1963) utilizando a medida da distância Euclidiana quadrática é o que melhor recupera a verdadeira estrutura de *clusters* de um conjunto de dados, mesmo quando se aplica a estruturas complexas (Del Campo et al., 2008; Milligan e Cooper, 1987; Burns e Burns 2008; Dolnicar, 2002; Bayne et al., 1980; Scheibler e Schneider, 1985). No entanto, Hair et al. (2010) sugerem que o método de Ward poderá ter dificuldade em identificar *clusters* de tamanhos díspares. Ao utilizar o método de Ward deve-se verificar se existe uma pequena porção de casos com valores extremos que diferem muito dos restantes casos, designados de *outliers* (Norusis, 2009; Hair et al., 2010). Uma solução para este problema é eliminar estes casos, que podem ser facilmente encontrados através da inspeção do dendrograma proveniente da aplicação do método do vizinho mais próximo (Mooi e Sarstedt, 2011a).

Para a determinação do número ótimo de *clusters*, foi analisado o dendrograma resultante da aplicação do método de Ward no SPSS e aplicado o índice interno de Calinski e Harabasz (1974), denominado de VRC (*Variance Ratio Criterion*). Esta opção é justificada com o facto de o VRC ser o melhor índice interno para determinação do número “ideal” de *clusters* presentes num conjunto de dados (Milligan e Cooper, 1985), sendo contudo incapaz de detetar soluções de 2 *clusters* (Mooi e Sarstedt, 2011b).

Depois de obtidos os *clusters*, fez-se a descrição dos mesmos, utilizando todas as variáveis, e onde são identificadas as características diferenciadoras de cada *cluster*.

5 Resultados

5.1 Conceptualização

Nesta secção é elaborado o modelo virtual 3D do robô e são tratados temas do processo de conceção do serviço. São também analisados aspetos de controlo de trajetórias, desvios de obstáculos, navegação e localização, seguindo as metodologias indicadas em Siegwart et al., (2011) e são dimensionados os motores elétricos, adaptando o método utilizado por Carreira (2007).

Adianta-se ainda que foi escolhido o nome de Fesquinho para o robô aqui tratado – cujas métricas e especificações podem ser consultadas no Anexo II – pela associação rápida com a palavra “fresco”, que alude a alimentos saudáveis e refrescantes, mas também pela sonoridade e conotação afável e quase nostálgica derivada dos anúncios que os atuais vendedores vão gritando durante o serviço[5]. Além disso, este nome alude igualmente à característica verde do robô, que não utiliza combustíveis poluentes, esperando-se assim compatibilizar o público mais cauteloso e menos adepto das tecnologias com uma máquina tão revolucionária.

5.1.1 Planificação do Serviço

Dadas as profundas diferenças de afluência às praias no decorrer de um ano completo, evidencia-se a necessidade de limitar o prazo de atuação do RMA aos quatro meses padrão de época balnear para praias não concessionadas[6] – junho, julho, agosto, setembro.

Daqui resulta que a frota de robôs fica guardada em algum armazém durante os primeiros cinco meses do ano, sendo lavados, desinfetados, e as suas baterias carregadas antes do início do mês de junho. Depois de adjudicado a uma determinada praia, são colocados os encaixes em cada robô para carregar o sortido de produtos específico a ser vendido na sua área de serviço. Nesse momento, cada robô é transportado para a respetiva praia e, por controlo remoto, o supervisor coloca o robô na área a servir e define o seu percurso cíclico.

Uma vez validadas as primeiras coordenadas do sistema GPS, cada robô inicia a sua operação autónoma somente quando as baterias estejam totalmente carregadas, movimentando-se no percurso delimitado e ignorando ou interrompendo este percurso apenas quando:

- Faltem 2 horas para o pôr-do-sol, devendo o robô acumular energia para operar o sistema refrigerador durante a noite;
- As baterias atinjam os 10% de profundidade de descarga, exceto se tal acontecer a menos de 2 horas do pôr-do-sol[7]. Neste caso o robô executa os algoritmos que lhe indiquem a posição e orientação, dentro do percurso pré-definido, em que está mais exposto à exposição solar. Depois de obtidos, efetua a trajetória para os alcançar e aguarda, com atuadores e sensores desligados, até que as baterias estejam totalmente carregadas para retomar o percurso;

[5] Aludindo ao típico grito “Oláááá fresquinho!” tantas vezes ouvido em praias da costa portuguesa.
[6] Na ausência de proposta em contrário, relativa a praias de banhos não concessionadas, a época balnear decorre entre 1 de Junho e 30 de setembro de cada ano (Lei n.º 44/2004, 2004).
[7] Profundidade de descarga de uma bateria refere-se à quantidade de carga gasta em dado ciclo de funcionamento, expressa em percentagem da sua capacidade nominal.

- Deteta algum obstáculo ou cliente a menos de 2 metros – o robô aguarda 30 segundos e, se não houver tentativa de interação neste intervalo, prossegue o seu percurso caso o obstáculo já não esteja na sua frente ou, caso contrário, desvia-se. Se houver interação, o robô aguarda que as operações de pagamento, seleção e remoção de produto sejam efetuadas para prosseguir de modo semelhante à situação de inexistência de interação;
- Entra num estado cíclico que lhe impossibilita a recuperação autónoma – o estado de impossibilidade de recuperação é lançado pelo próprio robô, quando ao tentar se desviar de um obstáculo entra numa área proibida, como zona de perigo por proximidade ao mar, dunas, flora protegida, ou mesmo, zona reservada a banhistas – onde habitualmente existe uma maior densidade populacional. O processo continua com o envio de um sinal de alerta para o sistema central, é feito um reconhecimento da situação por parte do supervisor em modo de telepresença, através das câmaras de vídeo rotativas instaladas no robô, e só é retomado o percurso quando este dá ordem para tal;
- O supervisor, equipa de manutenção ou repositor de *stock*, armados de qualquer dispositivo com acesso à internet e depois de devidamente identificados, lhe dão ordem para tal – a origem da ordem de paragem e de retoma de percurso é a mesma.

No final do mês de setembro os robôs são novamente guardados no armazém onde se descarrega o inventário excedente e alimentam as baterias.

5.1.2 Desenvolvimento do Protótipo Virtual

No dimensionamento geral do RMA teve-se em atenção a necessidade do veículo circular em caminhos projetados para pessoas, de albergar um número de produtos razoável, de circular em zonas protegidas e de minimizar o seu impacto paisagístico.

No início do processo de desenvolvimento da forma, a única restrição prendia-se com a forma do pneu do Fesquinho, que tinha de replicar os pneus utilizados pelos reboques de praia. Havia, por isso, uma grande liberdade criativa para testar conceitos e soluções que conferissem as características desejadas e já descriminadas no capítulo Metodologia (secção 4.1.1).

Com a forma do pneu determinada, e sabendo que o Fesquinho teria de suportar um peso muito elevado uma vez que a sua finalidade é o transporte de uma quantidade significativa de mercadorias, focou-se a atenção em criar um chassis robusto e com uma estrutura reforçada – Figura 17. O chassis, e de resto toda a plataforma robótica, é desenhado para ser simétrico, podendo o robô circular nos dois sentidos sem ter de girar sobre si próprio quando alcance o fim da trajetória. Além desta vantagem, numa tentativa do banhista abordar o robô, também não existe a preocupação de saber se existe um lado específico para esta aproximação.

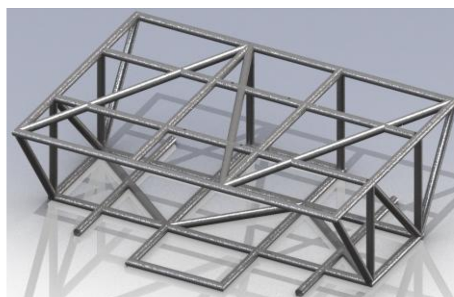


Figura 17 – Chassis do Fesquinho

O interior do chassis foi deixado desocupado com o intuito de albergar a caixa onde todos os componentes do RMA se encontram, assim como um dos lados de modo a facilitar a manutenção desses mesmos componentes.

Concluído o chassis, montaram-se outros componentes do RMA, nomeadamente os motores, que serão mencionados na secção 5.1.3. O movimento rotacional é transmitido do rotor para as rodas por meio de correias de borracha que, ao contrário das correntes geralmente usadas, lidam razoavelmente bem com areia e água salgada.

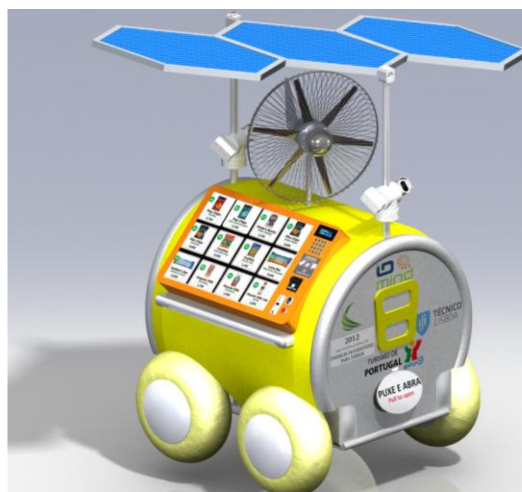


Figura 18 – Protótipo virtual do Fesquinho

Resolvidas as bases de funcionamento do RMA, tratou-se de iniciar o estudo da forma da cobertura e da localização dos sistemas de captação energética – ver Figura 18. Quis-se criar uma forma apelativa, que chamasse a atenção dos banhistas, que aludisse ao conteúdo do robô, que fosse simétrica e que não tivesse arestas vivas, notoriamente mais perigosas que arestas arredondadas. Escolheu-se a forma de uma lata por cumprir estes objetivos e por ser a forma que muitas MVA fechadas utilizam. Para o Fesquinho ser bem visível e não se incorrer no perigo de alguém não se aperceber da sua presença, utilizaram-se cores claras e vivas, que se pudessem misturar com o meio sem causar um grande impacto paisagístico. As cores escuras foram evitadas devido às suas conhecidas capacidades de absorção de calor, que interfeririam com a eficiência energética do robô.

No interior do robô, dentro de uma caixa especializada de propagação acústica, incorporou-se um sino, semelhante aos utilizados pelos VA da atualidade, que atuará como aviso sonoro. Ao se optar por um sino, tirou-se proveito do solo irregular em que o Fesquinho circula, uma vez que será a

turbulência do percurso a fazer tocar o sino. Os avisos sonoros são assim descontínuos e baixos para não incomodar os banhistas, mas altos o suficiente para servirem de aviso.

Na colocação da microturbina e do painel FV optou-se por incorporar duas barras para suportar o painel FV e uma outra dedicada à microturbina, aproveitando-se a altura alcançada pelos suportes para colocar um recetor GPS e um emissor e recetor de dados 3G. Neste desenho é ainda possível dotar o robô de um seguidor solar de um eixo, para maximizar o aproveitamento da energia proveniente da radiação solar[8]. O seguidor solar tem no entanto de ser limitado a um movimento giratório de ± 35° para não colidir com a microturbina instalada.

Como era expectável que a maior quota de energia captada proviesse dos painéis FV, deu-se prioridade aos requisitos de montagem destes em detrimento dos requisitos de montagem da microturbina. Assim, o painel foi colocado acima da microturbina, a uma altura razoável que não comprometesse a estabilidade do Fesquinho, onde estaria totalmente exposto à insolação, ainda que tal decisão diminuísse a exposição ao vento da microturbina.

Acoplaram-se dois painéis FV extra ao painel central e instalou-se um sistema de desdobramento automático para diminuir a área exposta ao vento. Este sistema é ativado sempre que se preveja um dia de ventos muito fortes suscetíveis a danificar o robô. Outra vantagem nesta disposição é a sombra, que serve os interesses, tanto do cliente, que se vê mais protegido da radiação solar enquanto faz as suas compras, como da própria eficiência energética do sistema, permitindo que as paredes do compartimento de refrigeração não recebam a totalidade da irradiação do sol.

Para resolver o problema das pás da turbina estarem demasiado próximas do utilizador, construiu-se uma gaiola com finas barras. O espaçamento entre as barras é pequeno o suficiente para que os dedos de um adulto não possam alcançar as pás.



Figura 19 – Painel de interface com o cliente

Outro componente onde se investiu foi no painel de interface que permite o pagamento com moedas, notas ou cartão – ver Figura 19. O sistema está ainda preparado para ser facilmente adaptado aos pagamentos por telemóvel quando estes estiverem disponíveis.

Como se pode conferir, o painel é bastante simples e eficiente, não desperdiçando qualquer energia em sensores tácteis de seleção nem em ecrãs de interface. Com esta falta de tecnologia

[8] O seguidor solar é um dispositivo utilizado para orientar a superfície de um arranjo de painéis FV perpendicularmente à direção do sol para que haja uma maior incidência de raios solares na sua superfície (Oliveira, 2008)

vanguardista no painel pretende-se atrair pessoas mais conservadoras, que se sentiriam de outra forma intimidadas pelo excessivo recurso às tecnologias. Pretende-se igualmente tornar a interação com o cliente mais intuitiva, pelas semelhanças com o painel de uma comum MVA, e desencorajar pessoas com menos boas intenções a "experimentar" os limites do Fesquinho, já que não há um interesse especial em interagir com o mesmo.

A postura do utilizador enquanto interage com o robô foi tida em consideração na colocação do painel – a cerca de 0,975 m do solo e com uma inclinação de 45°, com os botões de seleção a 1,275 m – permitindo ao utilizador alcançar o interface com a extensão máxima de um braço enquanto está de pé e visualizar tanto o menu como todas as instruções de funcionamento – ver Figura 20.

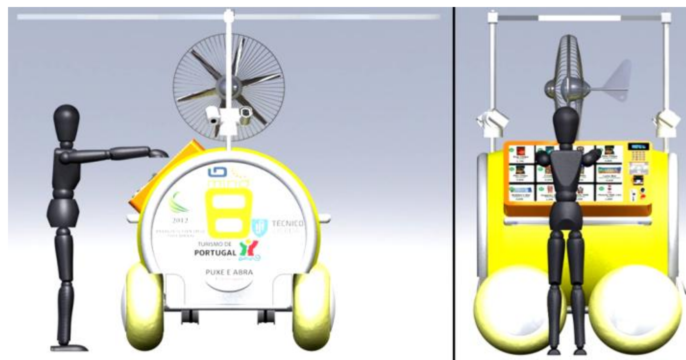


Figura 20 – Relação homem-máquina (vista frontal do robô à direita e vista lateral à esquerda)

Como acontece com grande parte das MVA concebidas para uso exterior, o Fesquinho não faculta a vista dos verdadeiros produtos que aloja mas antes, apresenta imagens dos produtos na forma de um menu, facilitando um maior isolamento térmico com a ausência de acrílicos ou outros transparentes. No menu estão dispostos a imagem do produto, o código a inserir no teclado numérico para a seleção e o preço a pagar – Figura 19. O pequeno ecrã LED serve para informar sobre a disponibilidade do produto selecionado, o montante em falta para a sua compra e dar indicações sobre a localização do dispensador de produtos, uma vez que a transação tenha sido completa. As instruções de utilização apresentadas no painel são de fácil leitura e vêm acompanhadas de pictogramas para uma rápida assimilação da informação.

A porta do dispensador de produtos tem uma indicação em português e inglês para que os turistas estrangeiros entendam que podem interagir com o Fesquinho e assim usufruir deste serviço[9].

A nível dos sensores, neste modelo existe já um espaço dedicado à montagem dos mesmos, como mostra a Figura 21, sendo possível instalar sensores rotativos. Foram ainda criadas seis caixas estanques à base de acrílico, quatro para sensores frontais e duas para laterais.

[9] "Puxe e abra" em português e " *Pull to open*" em inglês.

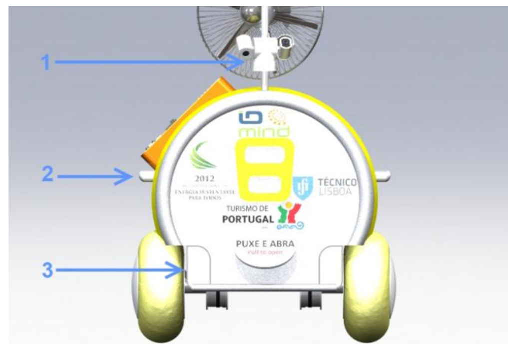


Figura 21 – Acomodação de sensores no Fesquinho: 1) sensores rotativos; 2) sensores laterais; 3) sensores frontais

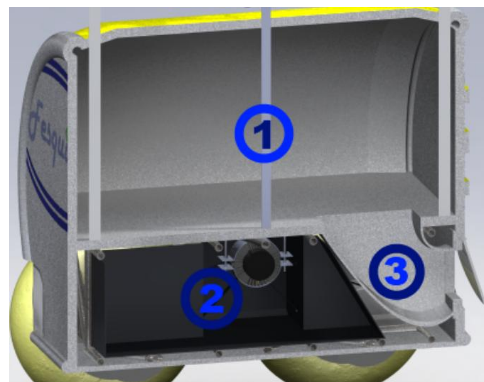


Figura 22 – Divisão dos compartimentos do Fesquinho: 1) Compartimento de refrigeração de produtos alimentares; 2) Compartimento estanque destinado aos componentes mecatrónicos; 3) Compartimento de dispensa

Na questão do isolamento interno do Fesquinho surgiram alguns dilemas pois, enquanto era certo que o Fesquinho precisaria de isolamento face ao meio exterior e que uma máquina deste tipo despoletaria situações de vandalismo, requerendo um sistema isolado e robusto, por outro lado também era sabido que por motivos de manutenção era essencial uma abertura fácil do robô. Por essa razão, a única porta existente para utilização das equipas de manutenção e dos repositores de *stocks*, é a do próprio painel de interface, que só é aberto com chaves, mantendo-se um alto grau de isolamento com o exterior, como mostra a Figura 22. Este isolamento é também importante para que as zonas do robô suscetíveis de entrar em contacto com a areia e água não possam contaminar nenhum dos compartimentos ilustrados, estando tanto o sistema mecatrónico como os compartimentos de armazenamento de produtos perfeitamente acondicionados.

Acrescentar, finalmente, que o Fesquinho contempla espaços para publicidade para criar uma fonte de rendimentos adicional que permita um balanço económico mais favorável ao projeto. O espaço é taxado consoante a sua dimensão e visibilidade, dando prioridade a marcas que possam ser vendidas numa MVA, para estimular as próprias vendas do Fesquinho.

5.1.3 Locomoção

Na locomoção sobre rodas em terreno irregular é imprescindível ter um sistema de suspensão para permitir que a todo o momento qualquer roda esteja em contacto com o solo. Por isso, e por ser imperativo minimizar o peso do Fesquinho, decidiu-se aplicar uma borracha esponjosa para a construção do seu pneu, que com a sua própria deformação providencia um sistema de suspensão.

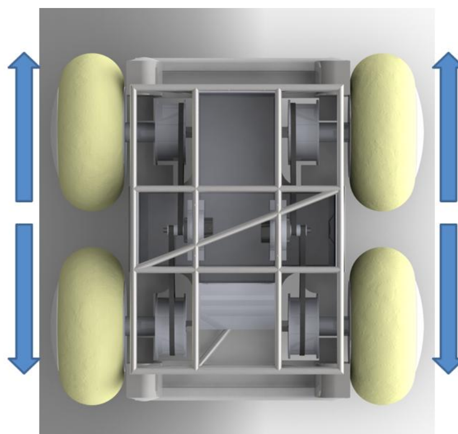


Figura 23 – Mobilidade Diferencial

A forma de locomoção mais simples é a de deslize sobre rodas. Com dois motores elétricos, cada um acoplado a duas rodas do mesmo lado por meio de correias, o sistema será dotado de tração diferencial aos dois pares das quatro rodas. Apesar de a roda não obter os seus melhores resultados em areia, as outras opções, como lagartas, comportavam um consumo energético mais elevado, para além de serem consideradas intimidadoras para pessoas não familiarizadas com essas tecnologias. Por outro lado, tirando partido da condução diferencial, adequa-se a circulação do robô ao piso arenoso, onde o atrito de deslize adquirido e a existência de pontos múltiplos de contacto com o solo ao rolar sobre uma superfície mole e pouco compacta poderiam causar problemas.

Outros obstáculos que advêm da escolha da locomoção sobre rodas são a estabilidade e manobrabilidade, sendo que a estabilidade fica assegurada com a utilização de quatro rodas dispostas, conforme nos mostra a Figura 23, e a manobrabilidade também, uma vez que o robô se pode orientar em qualquer instante para uma direção e seguir o seu curso, sendo omnidirecional.

Este desenho melhora a eficiência energética, uma vez que cada um dos dois motores está ligado a duas rodas por correias e portanto a sua potência é repartida por mais pontos de contacto, minimizando, consequentemente, os efeitos de derrapagem. Os próprios motores são mais eficientes, já que se lida com apenas dois motores para manter quatro rodas motrizes e é sabido que um motor é tendencialmente mais eficiente quanto maior for a sua potência.

5.1.4 Perceção

Evidentemente no Fesquinho utilizam-se, não só sensores propriocetivos para medir a velocidade rotacional dos motores, a carga da bateria, o peso carregado e a temperatura dos compartimentos frigoríficos, como também sensores exterocetivos, para medir a posição absoluta do Fesquinho e para detetar a presença de um potencial cliente ou de obstáculos no seu caminho. Nesta secção justifica-se a utilização dos principais sensores do robô, contudo a lista completa dos componentes pode ser encontrada na secção 5.2.2.2.

Para medir a velocidade das rodas motrizes do Fesquinho são utilizados codificadores sem escova, que possibilitam a computação de uma localização relativa e seguem a mesma lógica de eficiência energética, recebendo o movimento das rodas e transformando essa energia em sinais elétricos.

Para aproveitar o facto de estes robôs operarem ao ar livre, utiliza-se um método de localização absoluta por GPS que permite obter redundância sensorial. Este sensor caiu bastante de preço pelo que a sua aplicação não encarece o custo do robô de forma significativa.

Com o intuito de obter a orientação do robô, fundamental para as trajetórias lineares pretendidas, utiliza-se também o giroscópio, já que este sensor é do tipo passivo e propriocetivo e tem por isso um baixo consumo energético.

Não deixa também de ser importante ter uma câmara a bordo do Fesquinho para poder vigiá-lo e telecomandá-lo remotamente. Deve, portanto, a câmara estar em modo de hibernação mas preparada para ser ativada remotamente.

Os sensores telémetro laser também serão usados para detetar obstáculos a média distância e devem ser baseados na medição da mudança de fase da luz refletida, por ser o método mais simples.

5.1.5 Planeamento e Navegação

Na presente secção, pode-se excluir o planeamento de rotas já que a mesma se traduzirá numa linha reta previamente executada pelo supervisor em modo de telepresença. Uma das vantagens em limitar o deslocamento do robô é que se consegue conferir trilhos ao meio, pelo alisamento do solo arenoso, e há uma maior probabilidade de que os caminhos se repitam, despendendo-se menos energia no solo compacto e atenuando as incertezas provenientes de trajetórias mais complexas.

Antes de adereçar o problema do planeamento de trajetórias devem-se ter em conta algumas suposições para o caso do Fesquinho. A primeira deve-se à baixa velocidade praticada pelo robô que leva a não ser considerado o aspeto dinâmico do seu meio, uma vez que a velocidade e aceleração máximas do robô estão limitadas. Aliás, para se desviar de obstáculos, o robô deve reduzir a velocidade assim que os seus sensores os detetem, a fim de ter uma maior precisão na identificação do tipo de obstáculo – cliente, transeunte ou objeto – e diminuir o efeito de derrapagem no caso de ser necessário contornar o mesmo.

O mapa de caminhos é utilizado pelo planeador de trajetos do robô para captar as ligações de espaço livre do meio. Nesta matéria escolheu-se a abordagem do gráfico de visibilidade, que tem em vista criar o conjunto de estradas mais curto, ou mais atalhado, passando o mais próximo possível de cada obstáculo. Deve-se no entanto referir que, para evitar a colisão com os obstáculos, é feita uma ampliação dos mesmos no mapa para uma maior segurança das pessoas e bens, dado que um dos problemas típicos deste método se deve à grande proximidade dos obstáculos.

Para descriminar as células livres das ocupadas utiliza-se o método aproximado de decomposição de células de tamanho variável que se distingue por uma poupança computacional. A maior valia deste método é relativa à identificação de caminhos mais estreitos, uma vez que o retângulo inicial se vai decompondo, transformando-se noutros quatro, conforme se encontre livre ou preenchido, até que seja possível distinguir objetos quase adjacentes com uma fronteira marcada por retângulos livres. Um exemplo da aplicação deste método é demonstrado na Figura 24.

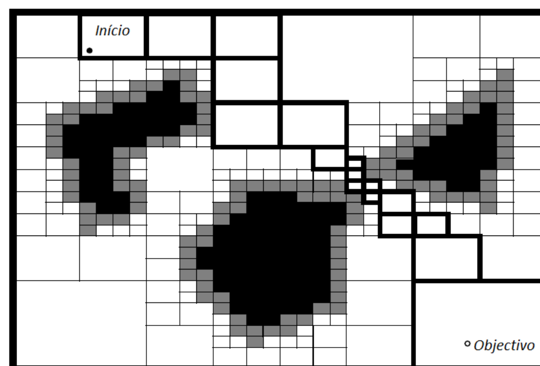


Figura 24 – Método aproximado de decomposição de células de tamanho variável (Siegwart et al., 2011)

Para planear as rotas de desvio de obstáculos optou-se por utilizar o algoritmo Bug2 com histograma de campo de vetores. O Bug2 facilita o seguimento do contorno do obstáculo até que seja possível retomar a trajetória inicialmente desenhada. É um algoritmo de grande simplicidade e garante, embora não com a melhor das eficiências, chegar a qualquer ponto do seu mapa. Para colmatar o problema típico do algoritmo – sensibilidade exagerada a ruídos ou erros de leitura – utiliza-se a técnica do histograma de campos de vetores, que gera um pequeno mapa local na forma de grelha de ocupação e calcula a probabilidade de existir realmente um obstáculo.

Na arquitetura de navegação do Fesquinho, todas as tarefas computacionais de alto nível de decisão, como as que dizem respeito a planeamento de rotas e construção de mapas, são exteriorizadas para o sistema supervisor, ganhando em autonomia à medida que os consumos energéticos destas operações são feitos por uma unidade exterior ao robô. Os resultados destas tarefas são posteriormente reenviados para o robô em forma de ordens. Já que os atrasos e fiabilidade da rede sem fios não são um problema, a comunicação entre robô e controlo central externo é feita através de rede 3G para permitir uma mobilidade total. Contudo, nesta arquitetura as decisões dos níveis baixos continuam a ser computadas no robô, uma vez que são necessárias em tempo real, como é o caso de deteção de obstáculos.

Deve-se salientar ainda que o interface de supervisionamento do RMA é feito através da Web por proporcionar uma linguagem universal e acrescentar flexibilidade a futuras alterações ou integração de novas plataformas inerentes ao crescimento da frota.

5.2 Avaliação da Viabilidade Energética

Nesta secção é estimado o balanço entre ganhos e gastos de energia e são dimensionadas as baterias de modo a poderem cumprir determinadas exigências impostas. Para este estudo entram, do lado do consumo, os valores típicos das MVA eficientes e os consumos dos motores elétricos e dos vários componentes escolhidos. Do lado da produção, são usados os rendimentos dos geradores e painéis FV escolhidos, adaptados aos valores típicos disponíveis de energia eólica e solar da costa portuguesa.

5.2.1 Máquina de Vendas Automática

No desenvolvimento desta secção é usado como base um documento de apoio técnico elaborado pelo EERE (*Energy Efficiency and Renewable Energy*) do departamento de energia dos EUA com

base num programa de regulamentação energética das MVA refrigeradas deste país (EERE, 2013). Este programa é denominado Energy STAR e, através dele, inicialmente são criados alguns rácios para identificar a marca produtora das MVA mais eficientes, estimando-se, seguidamente, o consumo energético do Fesquinho face às características destas.

As características fundamentais que afetam o grau de eficiência energética de uma MVA são o tipo de montra, a capacidade vendável da máquina, o local onde a máquina trabalha e as condições ambientais desse mesmo local – a temperatura, exposição solar e a humidade relativa.

A partir da lista das novas MVA refrigeradas, que a 16 de agosto de 2012 se qualificavam pelos padrões de desempenho da Energy STAR (2012), é calculado o rácio de consumo energético por unidade acondicionada de cada MVA e a média do rácio de cada marca. Desta primeira análise conclui-se que a marca Royal Vendors, uma das primeiras a investir na eficiência energética das MVA refrigeradas, é a que tem a melhor média de rácios de energia consumida por produto e, além disso, a maior parte dos seus modelos visam a utilização no exterior e são fechadas, utilizando caixas-fortes de aço e tornando-as ideais para este projeto. Tomando como referência as seis mais eficientes MVA de exterior da Royal Vendors, com um rácio não superior a 8 Wh/dia por unidade acondicionada, é feita uma outra lista onde constam apenas estes modelos – ver Tabela 1.

Tabela 1 – Lista das MVA refrigeradas da Royal Vendors

Número do modelo	**RVCC2-660***	**RVCC*660-***	**RVCC*804-***	**RVCDE 768-10**	**RVCV2-804***	**RVDVE 650-10**	**Média**
Capacidade (unidades[10])	660	660	804	768	804	650	
Consumo de energia (kWh/dia)	4,7	5,2	5,5	5,1	4,9	4,2	
Volume aproximado (m^3)	1,46	1,46	1,61	1,71	1,61	1,55	
Rácio capacidade por volume (unidades/m^3)	451,4	451,4	498,1	449,4	498,1	419,8	**461,39**
Rácio Consumo energético por Capacidade (Wh/dia/unidade)	**7,121**	**7,879**	**6,841**	**6,641**	**6,095**	**6,462**	

Para cada um dos modelos são retiradas dimensões para obter o seu volume aproximado e, assim, conseguir uma estimativa da capacidade do Fesquinho. A partir da média do rácio da capacidade por volume, e sabendo que o volume do compartimento destinado aos componentes da MVA do Fesquinho ronda os 0,835 m^3, excluindo o volume reservado às componentes do RMA[11], foi calculada a capacidade da MVA do robô.

$$\left(\frac{Capacidade}{Volume}\right)_{Média} \times Volume_{\ Fesquinho} = Capacidade_{\ Fesquinho} \quad (1)$$

Na equação, a média do rácio capacidade por volume toma o valor de 461,39 e a estimativa da capacidade do Fesquinho é de 385 unidades.

[10] A capacidade da máquina é definida como a quantidade máxima de produtos que pode ser vendida após um carregamento completo conforme recomenda o fabricante. O produto padrão define-se como uma lata de 355 ml (Horowitz, 1998).

[11] Para este cálculo foi considerada a forma cilíndrica do robô com 592,5 mm de raio, um comprimento de 1260 mm e um corte seccional 697,5 mm abaixo do ponto mais alto do cilindro, em relação ao eixo vertical – altura a que começa o espaço reservado às componentes robóticas.

Conforme as melhores práticas energéticas, representadas na tabela pelo modelo RVCV2-804* da GIII que tem o melhor rácio de consumo por capacidade, o consumo energético do Fesquinho é estimado através da seguinte equação:

$$\left(\frac{Consumo\ energético}{Capacidade}\right)_{Mínimo} \times Capacidade_{\ Fesquinho} = Consumo\ energético_{Fesquinho} \quad \textbf{(2)}$$

Em que o valor do melhor rácio de consumo energético por capacidade tem o valor de 6,095 e a capacidade 385 unidades. Daqui resulta que o consumo energético da componente MVA do Fesquinho se estima em 2,3 kWh/dia, com uma potência média necessária de 98 Watts.

5.2.2 Plataforma Robótica

Os consumos da plataforma robótica advêm de motores, sensores, microcontroladores e computadores integrados, distribuídos pelas componentes sensorial, de locomoção, de comunicação, de computação e de controlo. Embora a locomoção e a computação sejam as componentes que maiores despesas energéticas acarretam (Morales et al., 2006; Mei et al., 2005), nesta secção tentar-se-á cobrir todas as despesas relativas ao RMA.

5.2.2.1 Dimensionamento dos Motores Elétricos

Com o intuito de poupar energia, os motores elétricos do Fesquinho são apenas capazes de deslocar o robô com uma aceleração e velocidade máximas de 0,05m/s^2 e 0,3m/s, respetivamente (Mei et al., 2005; Morales et al., 2006). Por outro lado, para otimizar a eficiência da circulação no terreno arenoso, onde o Fesquinho atuará, o pneu é ovulado com 300 mm de raio (Carreira, 2007).
Os motores utilizados de corrente contínua têm a particularidade de conseguir alcançar a velocidade desejada num intervalo curto de tempo e consequentemente, consumir pouca energia numa aceleração ou desaceleração (Kim e Kim, 2005).
O esforço de tração entre as rodas e o terreno para movimentar o robô móvel, T, é suportado pelo momento transmitido às rodas motoras, M_{motor}. Este deve ser maior que o somatório dos momentos resistentes – momento para vencer a resistência do rolamento entre as rodas e o terreno (M_r), momento para acelerar o equipamento (M_a) e momento para vencer o declive (M_d). Assim, o momento total dos motores deverá ser dado pela equação:

$$\sum M_{motor} \geq M_r + M_a + M_d \quad \textbf{(3)}$$

O momento aplicado às rodas motoras para o robô móvel vencer a resistência do terreno é obtido através da equação: $M_r = T_r \times r$, onde: $T_r = m \times g \times \mu_r$, sendo T_r a força necessária para vencer a resistência de rolamento das rodas, m a massa do robô móvel, g é a aceleração da gravidade, μ_r o coeficiente da resistência ao rolamento em função da superfície e do material da roda e r o raio da roda. Para um pneu de alta performance em areia, o μ_r é de 0,3 ("Tire Friction," 2012).
Para estimar o peso do Fesquinho, ou seja, para calcular o produto de m por g, decompôs-se o problema em quatro componentes:

$$m \times g = P_{MVA} + P_{carga} + P_{Zoë} + P_{erogerador} + P_{baterias} \quad \textbf{(4)}$$

Onde P_{MVA} é o peso do robô atribuído à componente de MVA, P_{carga} é o peso da carga máxima carregada no interior da parte da MVA, $P_{Zoë}$ é o peso da plataforma robótica Zoë, muito semelhante ao Fesquinho, exceto na inclusão de um aerogerador, $P_{aerogerador}$ é o valor do peso da microturbina eólica e $P_{baterias}$ são os 19kg do valor do peso das baterias, calculado na secção 5.2.5.

Para calcular P_{MVA} recorreu-se novamente à referência estabelecida anteriormente com as máquinas da Royal Vendors (ENERGY STAR; 2012). Retirou-se o valor do peso de cada máquina, calculou-se o rácio do peso por volume e fez-se a média destes rácios – Tabela 2.

Tabela 2 – Peso das MVA da Royal Vendors

Número do modelo	**RVCC2-660***	**RVCC*660-***	**RVCC*804-***	**RVCDE 768-10**	**RVCV2-804***	**RVDVE 650-10**	**Média**
Peso (kgf)	272	272	296	294	296	281	285,17
Volume aproximado (m3)	1,46	1,46	1,61	1,71	1,61	1,55	1,57
Rácio peso por volume (kgf/m^3)	186,0	186,0	183,4	172,0	183,4	181,5	**182,06**

Com o volume aproximado do Fesquinho, já anteriormente calculado, perspetivou-se o seu peso a partir da média dos rácios – a negrito na Tabela 2. O valor resultante foi de 152,1 kgf.

No cálculo de P_{carga} considerou-se a capacidade do Fesquinho, anteriormente calculada, e multiplicou-se esse valor por uma estimativa média do peso de uma lata cheia de refrigerante – 0,390 kgf (“How Much Does a 12,” 2012; “How Much Does a Can,” 2005). O valor obtido foi de 150,3 kgf.

$P_{Zoë}$ foi obtido diretamente da literatura revista (Wettergreen et al., 2005b), já que o robô Zoë tem componentes, dimensões e estrutura básica muito semelhantes às do Fesquinho, e traduziu-se em 198 kgf. No entanto, o Fesquinho tem de suportar uma carga superior, apesar de o fazer a uma velocidade e aceleração mais limitadas, pelo que a sua estrutura terá de ser reforçada e os seus motores e baterias serão substancialmente maiores, especialmente se forem consideradas as necessidades energéticas acrescidas devido à alimentação do sistema de refrigeração.

Por último, $P_{aerogerador}$ foi calculado com base na brochura de um aerogerador com características semelhantes às desejadas para este projeto (Ampair, 2013). Uma vez que o diâmetro da área varrida pelas pás desta microturbina era superior ao estipulado e adequado para o robô, estimou-se o peso da turbina tendo por referência o peso de uma turbina Ampair 100 reduzida. O valor obtido foi de 5,27 kgf.

Concluindo, a estimativa do peso total do Fesquinho é de 524,7 kgf, donde resulta que o M_r é de 47,22 kgfm.

Para vencer as forças de inércia contra uma aceleração máxima de 0,05m/s^2, os motores estarão sujeitos ao momento definido por $M_a = T_a \times r$, onde $T_a = m \times a_{max}$, em que T_a é a força necessária para acelerar o veículo e a_{max} é a aceleração máxima a que o Fesquinho está limitado. Daqui se conclui que o momento de inércia é de 7,87 kgfm, graças à séria limitação imposta na aceleração.

Por outro lado, uma grande desvantagem para o Fesquinho é o terreno onde opera. Não só por ser de areia, mas também pelo seu declive, com dunas de areia seca a conseguirem alcançar até 34° de inclinação – momento em que começam a ocorrer avalanches (Silva, 2009).

Admitindo que o Fesquinho circulará pelos mesmos caminhos que os banhistas para alcançar as praias, propôs-se um limite de 20° de inclinação – ângulo α – para calcular o binário necessário para subir rampas. Assim, o momento necessário para vencer o declive é dado pela equação $M_d = T_d \times r$, onde $T_d = m \times g \times \sin\alpha$, em que T_d é a força necessária para vencer a inclinação. Alcança-se assim um valor para o momento do declive de 53,83 kgfm e um momento total dos motores de 108,92 kgfm.
Dado que existem quatro rodas motoras ligadas a dois motores, cada motor terá de vencer um momento de 54,46 kgfm. Para calcular a potência do motor, considerando um centro de massa posicionado no centro do plano horizontal do Fesquinho, desprezando as perdas de energia por resistência internas das baterias e considerando apenas a situação do movimento retilíneo com a potência distribuída igualmente por todas as rodas, serve a seguinte equação:

$$P = M \times \omega \tag{5}$$

Em que M é o momento torsor de um dos motores e ω é a velocidade angular do rotor, que varia segundo o desmultiplicador utilizado. A velocidade angular do rotor está, obviamente, relacionada com a velocidade angular máxima do pneu e é geralmente apresentada em RPM (rotações por minuto), podendo ser encontrada da seguinte forma:

$$n = \frac{v_{max} \times 60}{\pi \times d} \tag{6}$$

Em que n é o número de rotações por minuto da roda de 9,55 RPM, v_{max} é a velocidade linear máxima da roda e d é o diâmetro da roda. Já que a velocidade mínima dos rotores dos motores elétricos utilizados ronda as 3500 RPM[12], teve de se utilizar uma desmultiplicação considerável.
O rácio desta desmultiplicação pode ser obtido com $r = \frac{n_1}{n_2}$, em que n_1 são as RPM normais de um motor com o binário necessário para o Fesquinho e n_2 são as RPM da roda, resultando num rácio aproximado de 367:1.
Na secção 5.1 explicou-se que se recorreria à utilização de correias para poder motorizar quatro rodas com apenas dois motores. Como consequência desta decisão, o sistema desmultiplicador utilizado no robô será feito pela combinação de um redutor e uma correia V para cada roda. O inventário deste sistema é reduzido a quatro correias V e dois redutores, sendo utilizado apenas um redutor por cada roda. As correias V foram selecionadas pela sua alta eficiência, que vai desde os 95% aos 98%, e por serem mais económicas que outras correias de alta eficiência (Gates, 2013). Particularmente foram selecionadas as correias V da Marksman Industrial LTD, série B49 17x1250 LI, pela adequação das suas dimensões ao encaixe no projeto (Marksman Industrial LTD, 2012). Neste desenho, e atendendo às dimensões das polias em que encaixam as correias V no Fesquinho, o rácio da desmultiplicação transmitida pelas mesmas é de 7,25:1[13].
Para a seleção dos redutores foi tida em consideração a necessidade do eixo do veio do motor, por onde se dá a entrada das rotações no redutor, ter de ser colinear ao veio de saída. Foi por isso escolhido o redutor de engrenagens helicoidais da Grove Gear, o Helical-Inline Aluminum LeCENTRIC, compatível com motores de potências até 15 cavalos e com desmultiplicações de rácios

[12] Para os motores da Ohio Electric Motors de íman permanente com uma armação D56, 2 cavalos de potência de saída, 3500 RPM, 24 Volts e de funcionamento contínuo (Ohio Electric Motors, 2012).
[13] A maior polia no eixo da roda tem um diâmetro de 217,5 mm e a polia ligada ao veio de saída do redutor tem um diâmetro de 30 mm. O rácio é obtido pela divisão da primeira com a segunda.

que vão desde os 3,5:1 até aos 280:1. Ora, querendo-se alcançar uma desmultiplicação de 50,6:1, verifica-se que este valor está dentro da gama disponibilizada pelo modelo escolhido (Grove Gear, 2013). Coincidentemente, estes redutores apresentam também uma excelente eficiência que pode chegar aos 97%, segundo a marca (Grove Gear, 2013). Contudo, o fabricante de motores elétricos que mais trabalha com esta marca admite que a eficiência deste redutor pode-se ficar pelos 93%, valor ainda assim bastante aceitável para a eficiência de um redutor (LEESON, 2013).

Ao utilizar um sistema desmultiplicador está-se a aliviar a carga do motor, pelo que o binário final de cada motor resultará afinal em 1,5 Nm em unidades SI (Sistema Internacional). Convertendo as RPM do rotor em unidades SI (rad/s), pode-se calcular a potência ideal de cada um dos dois motores com $P = 2{,}7 \times 366{,}5 = 534{,}1 N.m$. Tendo presente que o sistema locomotor contém os dois motores, a potência total transmitida às rodas deverá atingir os 1068,2 W mas, no sentido de adequar o motor escolhido às necessidades deste projeto, optou-se por utilizar dois motores substancialmente mais potentes – cada motor com uma potência de saída próxima dos 1500 W – para poderem fazer face a qualquer outro imprevisto no decorrer da circulação do robô. Os motores da Ohio Electric Motors são reconhecidos pela sua eficiência e, no caso da opção em que recaiu a escolha, o motor apresentou uma eficiência de 80,7%. Este valor foi obtido através da seguinte equação:

$$\eta_{motor} = \frac{P_{saída} \times 746}{P_{entrada}} \quad \textbf{(7)}$$

Em que $P_{saída}$, expresso em cavalos na ficha técnica (Ohio Electric Motors, 2012), foi multiplicado por um fator de conversão de HP (*horse power*) para Watt e $P_{entrada}$ foi calculada com recurso aos valores de tensão e corrente de operação do motor. Já com os valores do rendimento do motor, e multiplicando igualmente pelos piores rendimentos expectáveis da correia V e do desmultiplicador[14], determinou-se que os motores vão utilizar 748,7W cada um, totalizando uma potência de 1497,5W.

O aspeto conservador desta estimativa, que procura retirar o pior cenário possível dos consumos energéticos do Fesquinho, fará com que o resultado de uma possível implementação deste projeto conclua num desfecho mais positivo que o expectável.

5.2.2.2 Componentes Sensoriais, de Comunicação e de Computação

Para a escolha dos componentes do Fesquinho, analisaram-se os robôs estudados na secção do estado de arte de robótica e fez-se uma recolha dos preços desses componentes – e outros que fossem coerentes com as funcionalidades do RMA sob investigação – e determinou-se as potências dos mesmos. As potências foram calculadas sempre para o pior cenário possível – através de amperagem e tensão máximas – e o resultado desta análise pode ser consultado na Tabela 3.

[14] Para a correia V utilizou-se 95% de eficiência e para o redutor 93%.

Tabela 3 – Componentes com consumos energéticos na plataforma robótica

Categoria	Nome	Quantidade (unidades)	Preço (€)	Potência do conjunto (W)
Sensores	4D Systems microCAM serial JPEG Camera Module - RS232	4	51	1,28
	Garmin's GPS-53 All-in-One Differential Marine Receiver	1	314	2,04
	Hokuyo URG-04LX Scanning Laser Rangefinder	6	933	15
	Devantech SRF02 Low cost Ultrasonic Range Finder	8	17	0,16
	Sharp GP2Y0A02YK0F IR Range Sensor	2	12	0,363
	Buffered ±6g Dual Axis Accelerometer	1	18	0,01
	GWS Single Axis PG-03 Piezo Gyroscope	1	25	0,06
	Grove - Slide Potentiometer	2	5	1,8
	Tilt-a-Whirl Tilt Sensor Breakout Board - RPI-1031	1	6	0,1
	.NET Gadgeteer Temperature and Humidity Sensor Module	2	14	0,0066
Computação	Arduino Uno USB Microcontroller Rev 3	1	23	17,2
	Pentium 4 HT Processor 3.4 GHz	1	56	89
	GHI FEZ Spider Mainboard	1	95	0,8
Comunicação	GXM632 Magnetic Mount 5dBi Hi-Gain Antenna GSM / 3G / UMTS - 2.5m cable with SMA	1	12	20

Concluindo, ao somar as potências de todos os componentes conclui-se que para o sistema do Fesquinho poder simultaneamente sentir, computar e comunicar terão de ser aplicados cerca de 148 W, no pior dos cenários.

5.2.3 Microturbina Eólica

Do lado da captação energética tem-se as turbinas eólicas, também designadas de aerogeradores. Estes dispositivos trabalham de forma a converter a energia cinética do vento em energia mecânica rotacional cinética na turbina que, por conseguinte, dá origem a energia elétrica. Para selecionar a turbina a utilizar pelo Fesquinho, foi analisada a lista de microturbinas eólicas fornecida pelo Centro de Estudos em Economia da Energia, dos Transportes e do Ambiente (CEEETA, 2001), tendo-se acedido a todos os *sites* das marcas designadas nessa lista e, por último, escolhido o modelo que melhor servia os propósitos deste projeto.

A microturbina Ampair 100 foi selecionada por ser muito leve, silenciosa, por ter sido desenhada para utilização em embarcações, onde a água salgada provoca a corrosão e desgaste acelerado dos materiais, e por ter a flexibilidade para incorporar um outro dispositivo de captação energética ao sistema de armazenamento de energia, como painéis fotovoltaicos. Apesar de todas as vantagens em utilizar esta turbina, conforme já foi mencionado, a extensão do raio do rotor da Ampair 100, de 474 mm, é muito superior ao limite definido de 356 mm para o Fesquinho (Ampair, 2010). Como tal, decidiu-se reduzir o tamanho das pás da turbina para 75%.

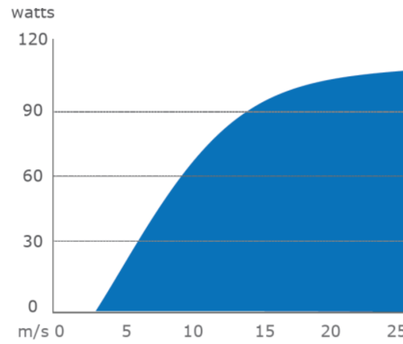


Figura 25 – Potência recuperada em função da velocidade do vento (Ampair, 2013)

Ao observar a Figura 25, que representa o coeficiente de potência da microturbina Ampair 100, pode-se concluir que esta turbina precisa de uma velocidade mínima de vento na ordem dos 3 m/s para começar a produzir energia. Refira-se também que o limite superior é de 70 m/s (Ampair, 2013).

Para recolher os dados referentes à velocidade do vento nas praias portuguesas, onde o Fesquinho circulará, utilizou-se o programa LocClim. Este programa agrupa os dados referentes a vários dados meteorológicos, recolhidos por postos meteorológicos espalhados por todo o país. Nesta análise são utilizadas as velocidades médias e os desvios padrão do vento nos meses em que o Fesquinho atua – junho, julho, agosto e setembro – nos postos das zonas mais litorais – particularmente Aveiro, Cabo Carvoeiro, Faro, Lagos, Lisboa, Porto, Porto Santo (arquipélago da Madeira), Sagres, Sintra, Santa Maria (arquipélago dos Açores) e Viana do Castelo.

De seguida, quis-se saber durante quanto tempo a turbina estaria efetivamente a armazenar energia nas baterias, ou seja, quanto tempo estaria o Fesquinho exposto a ventos superiores a 3 m/s em cada uma destas regiões. Para isto foi necessário descobrir qual ou quais as distribuições probabilísticas que melhor se adaptavam à distribuição das velocidades do vento.

Garcia et al. (1998), autores que estudaram a adequação do vento a distribuições probabilísticas, concluíram que as distribuições Lognormal e Weibull têm uma boa performance nessa função. A distribuição aqui utilizada é a Lognormal (Sansigolo, 2005), que é caracterizada por dois parâmetros – μ e σ – podendo ser calculados a partir dos dados reais já obtidos da velocidade esperada e do desvio padrão – v_r e σ_r. – e das expressões dadas por Garcia et al. (1998).

$$\sigma = \pm\sqrt{\ln\left(\left(\frac{\sigma_r}{v_r}\right)^2 + 1\right)} \quad \textbf{(8)}$$

$$\mu = \ln(v_r) - \frac{\sigma^2}{2} \quad \textbf{(9)}$$

Para calcular a probabilidade de v ser maior que a v_{min} de 3 m/s e menor que a v_{max} de 70m/s, o intervalo de velocidades de vento em que a turbina consegue gerar energia, tem de se calcular o valor normalizado – z – para poder consultar a tabela de distribuição normal ("Standard Normal," 2013), segundo (Garcia et al., 1998):

$$z = \frac{\ln\left(v_{max\ ou\ min}\right) - \mu}{\sigma} \quad \textbf{(10)}$$

A coluna dos valores z da tabela no Anexo IV é assim preenchida e os valores de $P(3<Z<70)$, ou da probabilidade das velocidades do vento estar entre 3 e 70 m/s, são retirados a partir da tabela de distribuição normal. É de notar que os valores de z_{70} são tão altos que, numa comum tabela de

distribuição normal, não existem, querendo isto dizer que a probabilidade do vento soprar a velocidades superiores a 70 m/s pode ser considerada nula.

Tendo obtido *P*, analisou-se novamente o gráfico da Figura 25, retirando as potências relativas às velocidades médias de cada uma das estações meteorológicas em análise. Para obter valores tão precisos quanto possível, foi utilizado o programa de digitalização de gráficos Engauge Digitizer.

Menciona-se aqui que só se consideraram as estações que tinham velocidades médias superiores a 3 m/s – a verde na tabela do Anexo IV – e que lhes foi aplicado o fator de ajuste, proveniente da coluna *P(3<Z<70)* da tabela do Anexo IV.

Tendo reunidas todas as potências recuperadas – *P* – pôde-se finalmente calcular a energia – *E* – recolhida diariamente pela microturbina Ampair 100 em função do tempo – *t* – através da expressão $E = P \times t$ e pôde-se converter esses valores para a microturbina equivalente à Ampair 100 mas com 75% das suas dimensões. Para tal, foi tido em consideração que a potência útil se relaciona com a área varrida da turbina – *A* – segundo a expressão $P = \frac{1}{2}\rho A v^3 C_p$, e que a mesma depende do comprimento das pás, ou do raio – r – segundo a expressão $A = \pi r^2$ (Royal Academy of Engineer, 2012). Ora, isto significa que à potência média útil previamente obtida se teve de aplicar um fator de 0,5625, equivalente a $0{,}75^2$, resultando uma potência média de 4,62 W e uma energia eólica recolhida diariamente no valor de 0,09 kWh.

5.2.4 Painéis Solares FV

Outra das fontes de energia do Fesquinho é a proveniente dos painéis solar FV. Estes painéis são definidos pela capacidade de transformação da luz solar em energia elétrica, sendo essa transformação efetuada por células solares FV, integradas em painéis, que convertem diretamente a radiação solar em eletricidade através de materiais semicondutores (Pereira, 1998).

Os painéis FV selecionados para este projeto foram os de arsenieto de gálio para assegurar o máximo aproveitamento da área disponível na conversão energética e assim poder melhorar a autonomia energética do Fesquinho (Poulek e Libra, 1998). Contudo, a recolha das características técnicas de um módulo de tecnologia tão vanguardista, necessárias para calcular rigorosamente os seus ganhos energéticos, é particularmente difícil porque as fichas técnicas não estão disponíveis para o público em geral. Para estes casos, Castro (2007) sugere uma fórmula para a obtenção de uma estimativa rápida da potência e energia obtidas pelos módulos fotovoltaicos. Nesta estimativa é ignorado o facto de que a potência e a tensão de circuito aberto decrescem com o aumento da temperatura das células FV e o facto do valor médio da potência máxima diária ser diretamente proporcional à radiação média incidente diária[15]. Não se considera igualmente a possibilidade de se captar a radiação difusa – componente da radiação que é desviada em diferentes direções pelos constituintes da atmosfera – ou a radiação refletida – componente da radiação que é refletida pela superfície terrestre, neste caso pelo areal do meio – que aumentariam a energia final obtida, o que torna este modelo conservador (Poulek e Libra, 1998; Lever e Ray, 2008). A fórmula que permite

[15] Deve ser referido que o modelo para uma estimativa minuciosa e completa foi concebido tendo em vista a utilização de painéis FV de silício. Ora, os módulos FV de Ga-As não têm as mesmas propriedades – por exemplo a redução da eficiência com o aumento da temperatura ambiente é muito menos evidente (Poulek e Libra, 1998) – e como tal o modelo criado não pode ser generalizado.

obter a estimativa rápida da energia diária – E_d – produzida pela radiação solar direta é (Castro, 2007):

$$E_d = \eta^{lim}\eta^{r}E_{10°}A \quad \textbf{(11)}$$

Onde η^{lim} é o decréscimo da eficiência derivada da limitação angular – ±35° – dos seguidores solares do Fesquinho, η_r é o rendimento do módulo FV em condições de referência – temperatura ambiente de 20 °C e radiação solar incidente de 800 W/m^2 – com seguidores solares, $E_{10°}$ é a energia solar diária incidente num plano fixo inclinado a 10° na superfície da terra em determinado ponto geográfico e com uma área de 1 m^2 e *A* é a área total do conjunto dos módulos FV.

Analisando cada um destes fatores, o η^{lim} é aplicado para corrigir o rendimento total do sistema, uma vez que o seguidor solar está limitado a girar apenas ± 35° para que o aerogerador possa rodar livremente no seu eixo e as pessoas possam comprar no Fesquinho a qualquer hora do dia. As perdas de eficiência não são lineares e seguem o padrão demonstrado na Figura 2Figura 26.

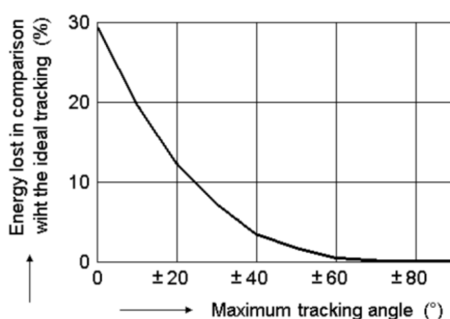


Figura 26 – Gráfico da perda de eficiência, relativamente a um seguidor solar ideal, em função do constrangimento angular do seguidor solar (Poulek e Libra, 1998)

Após analisar o gráfico com a ferramenta Engauge Digitizer, já referida anteriormente, procedeu-se à recolha da perda de eficiência relativa a um seguidor solar ideal donde se obteve o valor de 5,4% para os ± 35° de restrição angular do seguidor. Por conseguinte, o fator η^{lim} assume o valor 94,6%.

Já sobre o η_r, mencionar que este conta já com a ação do seguidor solar de um eixo. Numa conversão FV que recorra à utilização de módulos de arsenieto de gálio – Ga-As – a melhor eficiência alguma vez conseguida com um módulo produzido para uso comercial é da autoria da empresa Semprius. Será portanto esta a fornecedora do projeto Fesquinho e consequentemente o valor de η_r assume os 33,9%.

A *A*, área total do conjunto dos módulos FV, obtida através do Solidworks, totalizou os 1,82 m^2.

Sobre as medições dos níveis das radiações, sabe-se que são habitualmente realizadas sobre um plano horizontal e são dadas sob a forma de potência. Todavia, para obter o valor de E_{10}, num plano inclinado a 10°, utilizou-se o separador "*Monthly Radiation*" da ferramenta PVGIS (2013). Acrescente-se ainda que a escolha dos 10° de inclinação se deve a esta ser a melhor inclinação para um painel fixo no mês de setembro (Castro, 2007). Ora, como o mês de setembro é o mês de serviço do Fesquinho em que se perspetiva haver menos energia radiada, é para esse mês que o robô é desenhado (Castro, 2007). Na prática, considerou-se nos cálculos uma inclinação de 10° ao painel do RMA que corresponde à situação conservadora – mês referido.

Deste modo, e recorrendo ao PVGIS (2013), retiraram-se dados cruciais no cálculo da energia e potência – radiação solar para um plano inclinado em 10° e duração do dia em horas – criada pelos painéis FV para as mesmas estações analisadas na análise energética da microturbina eólica.

Uma vez recolhidos todos os dados, calculou-se tanto a energia como a potência, recorrendo também aos dados referentes à duração do dia em horas. Os resultados estão nas duas tabelas do Anexo III.

Analisando as tabelas constata-se que, conforme se conjeturava, as localizações mais a norte são onde menos energia se espera obter e, na dimensão temporal, o mês de setembro será o "ponto de estrangulamento" deste balanço energético. Ao calcular a média destes resultados, obtém-se uma energia solar diária de 3,821 kWh, a uma potência média de 277,2 W.

5.2.5 Baterias

Num projeto onde se pretende obter um robô tão leve quanto possível, é mais uma vez imprescindível recorrer à melhor tecnologia disponível no mercado para a seleção das baterias.

É sabido que as comuns baterias de lítio, apesar de mais caras, apresentam excelentes rácios de energia por peso, têm a vantagem de ter uma melhor densidade energética, tempo de recarga mais curto e um efeito de memória praticamente nulo, quando comparadas com outro tipo de baterias.

Com baterias de lítio que permitem armazenar 400Wh em cada kg, a Envia Systems lançou-se em 2012 no mercado com um produto inovador que apresenta um rácio de energia por peso quase três vezes superior às comuns baterias de lítio (Envia Systems, 2013a). Tendo como mercado os veículos elétricos, as baterias da Envia distinguem-se ainda por terem ciclos prolongados de vida das células, um comportamento estável a altas voltagens, tolerando o seu rápido recarregamento sem perigo de explosão, e por aproveitarem materiais de baixo custo na sua produção, baixando o preço de armazenamento de energia. Por todas estas razões se entende que a escolha tenha recaído sobre estas baterias.

Para calcular então a quantidade de armazenamento energético necessária ao bom funcionamento do Fesquinho, isto é, a capacidade das baterias, consideram-se três premissas:

- O robô é capaz de operar a MVA durante 48 horas sem que tenha de captar algum tipo de energia, fazendo assim face a dias cobertos e dando alguma margem de tempo para que o repositor de stock possa descarregar a mercadoria do Fesquinho se a situação persistir.
- O robô é também capaz de, no mesmo intervalo de tempo, percorrer uma distância mínima de 1000 metros, que lhe dará alguma flexibilidade para alcançar um posto de serviço.
- As baterias não ultrapassam os 80% de profundidade de descarga para não encurtarem o seu tempo de vida.

Postas estas premissas, desenvolveu-se a fórmula de cálculo da necessidade da capacidade – E_T – e, consequentemente, do peso das baterias. A fórmula apresenta-se de seguida:

$$E_T = \frac{E_{refrig} + E_{1000}}{\%PDD} \qquad \textbf{(12)}$$

Em que E_{refrig} é a energia consumida na refrigeração e funcionamento da MVA durante dois dias, E_{1000} é a energia consumida pelos motores e componentes da plataforma robótica durante um percurso de 1000 metros, e *%PDD* é a profundidade de descarga da bateria, já definida para os 80%.

Para calcular E_{refrig} bastou multiplicar o número de dias de funcionamento sem recarga pela energia consumida diariamente pela componente MVA do Fesquinho, já calculado na secção 5.2.1. Contudo, para calcular E_{1000}, inicialmente teve de se encontrar o tempo que levava o Fesquinho a percorrer os 1000 m com uma velocidade inicial nula – v_0 – e com aceleração e velocidade limitadas. Recorreu-se então a duas equações do movimento para este propósito:

$$v = v_0 + a_1 \Delta t_1 \tag{13}$$

$$\Delta s = v\Delta t_2 + \frac{a_2 \Delta t_2^2}{2} \tag{14}$$

Onde v é a velocidade máxima, Δs é a distância a percorrer, a_1 é a aceleração máxima que se processa num primeiro instante e a_2 é a aceleração nula no segundo instante, em que o Fesquinho já atingiu a velocidade máxima. As equações são resolvidas em ordem a Δt_1 e Δt_2 – tempo que leva o Fesquinho a atingir a velocidade máxima e tempo para percorrer os 1000 m à velocidade máxima, respetivamente – para obter os seus valores. De seguida, somam-se ambos para obter o tempo total a multiplicar pelo somatório das potências dos componentes e dos motores, donde resulta E_{1000}.

Assim, 7,778 kWh é a capacidade de energia que as baterias Envia têm de armazenar, traduzindo-se num acréscimo de 19,4 kg ao peso do Fesquinho. Este aumento corresponde a apenas 5% da tara do robô e está, por isso, dentro dos valores aceitáveis para o projeto[16].

Para obter esta capacidade energética utilizaram-se 54 células recarregáveis de iões de lítio das baterias Envia Systems que ocupam 0,0098 m^3 de volume[17]. O espaço ocupado corresponde a 9% do espaço total da caixa estanque, onde estão os componentes mecatrónicos albergados, deixando bastante espaço para os últimos serem instalados[18].

5.3 Marketing

No inquérito distribuído através das redes sociais foram recolhidas 732 respostas das quais 712 representaram a população de interesse, uma vez que já haviam comprado bens alimentares na praia – esta população de interesse foi determinada com recurso à primeira questão que filtrou os indivíduos.

5.3.1 Análise Demográfica

Neste inquérito a amostra inquirida é composta por uma maioria de indivíduos do sexo feminino – 59% da amostra. Dividindo a amostra por segmentos etários, verifica-se que mais de metade dos inquiridos (65%) tem entre os 15 e 24 anos, 22% da amostra tem entre 25 e 44 anos e 13% tem entre 45 e 64 anos. A percentagem de respondentes com menos de 15 ou mais de 64 anos é aproximadamente nula – ver Figura 27.

---

[16] A tara do Fesquinho é de 374,4 kg, conforme constatado no Anexo II.

[17] As dimensões de cada célula são de aproximadamente 97 mm de largura, 190 mm de comprimento e 10 mm de espessura. O peso de uma célula recarregável é de 365 gramas (Envia Systems, 2013b).

[18] O volume da caixa estanque resultou em 0,111 m^3, segundo medições feitas no Solidworks.

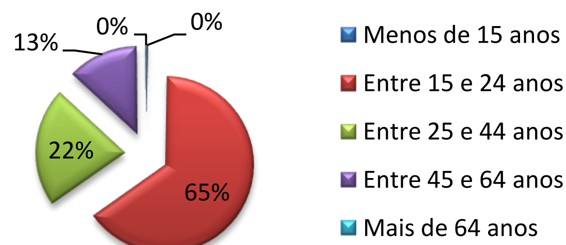


Figura 27 – Classe etária da amostra

A amostra inquirida vive maioritariamente na região de Lisboa e Vale do Tejo – cerca de 82% – devido provavelmente à recolha dos dados ter sido feita com base numa amostra “snow ball” em que os primeiros contactos resultaram da lista de amigos do Facebook do autor. Destaque-se ainda a representação de indivíduos falantes de Língua Portuguesa que vivem no estrangeiro – 4% de quota – e a total ausência de representação de indivíduos que residem nos Açores.

As praias mais frequentadas por estes indivíduos são as do Algarve e de Lisboa e Vale do Tejo, a assumirem 36% e 38% das escolhas, respetivamente, o que demonstra que os destinos escolhidos para passar férias são uma variável independente da localização da região de residência. A distribuição completa das praias mais frequentadas pela amostra é ilustrada com a Figura 28.

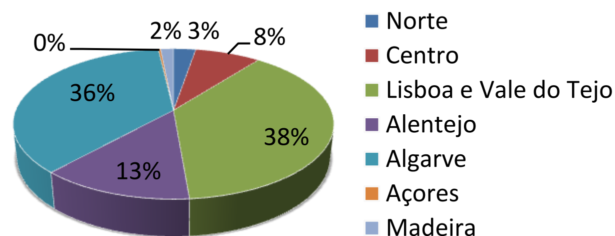


Figura 28 – Praias frequentadas pela amostra

Em relação ao nível de educação dos respondentes, constata-se que existe uma forte representação da população mais instruída – com 94% da amostra a ter pelo menos o Ensino Secundário completo e 43% a ter o Ensino Superior – indicando poder ser uma amostra exigente em termos de alimentação saudável. Os restantes 6% fazem parte do grupo de indivíduos que apenas completou o 3º ciclo do Básico.

Quando se averiguou a ocupação dos inquiridos, notou-se que a larga maioria ainda é estudante – cerca de 60%. Obteve-se também uma quota de 28% de empregados enquanto as pessoas com profissões liberais representam a larga maioria dos 6% que indicaram “Outras” categorias como ocupação. Os desempregados obtiveram ainda uma quota de 5%.

Finalmente, em relação ao número de crianças que acompanham o inquirido à praia, apura-se que a grande maioria (62%) não é acompanhada por crianças, pelo que será seguro constatar que existem poucos chefes de família nesta amostra. As restantes quotas são ilustradas na Figura 29.

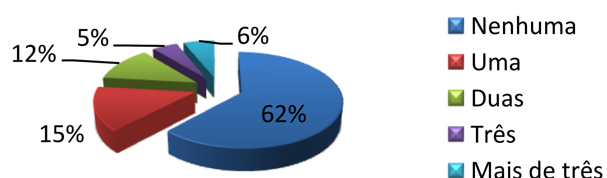


Figura 29 – Número de crianças acompanhantes da amostra

5.3.2 Análise Comportamental

Igualmente importante será entender os hábitos e costumes da amostra inquirida. Neste aspeto, os inquiridos demonstraram uma clara inclinação em efetuar as suas compras nos estabelecimentos de praia – 56% de quota contra os 38% que preferem comprar nos VA. Esta preferência pode-se dever aos aspetos que de momento denigrem o serviço prestado pelos VA e é, por essa razão, um bom indicador para a implementação do Fesquinho nas praias portuguesas.

Percebeu-se também que existe um enorme mercado potencial, uma vez que 89% da amostra frequenta a praia durante pelo menos 15 dias por ano – ver Figura 30.

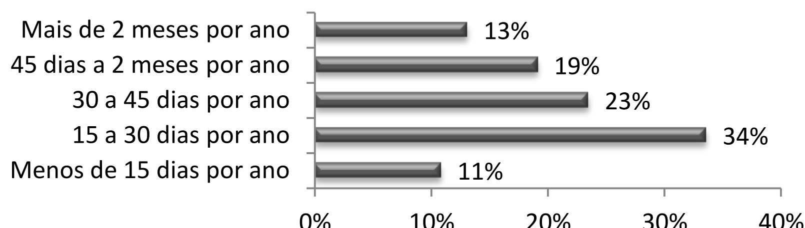


Figura 30 – Tempo passado na praia pela amostra

Além disso, mesmo considerando que a amostra é muito jovem e na sua maioria é composta por pessoas sem recursos financeiros próprios, 70% dos inquiridos admite gastar mais de 2€ em compras efetuadas em cada dia frequentado na praia – ver Figura 31.

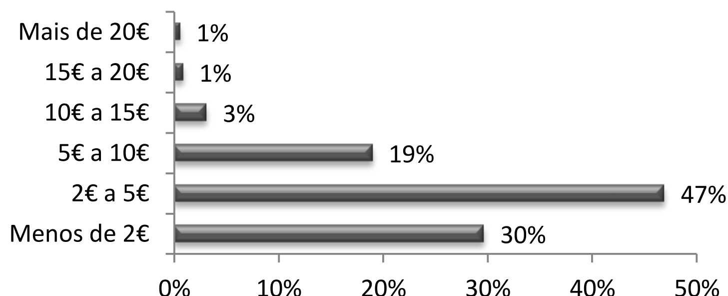


Figura 31 – Montante gasto diariamente na praia pela amostra

Outro aspeto de relevo para concluir um dos objetivos propostos na secção 4.2 diz respeito ao horário preferencial da amostra para comprar bens alimentares na praia. Mais de metade indicou o intervalo das 14h às 18h como a melhor altura para fazer estas compras e apenas 1% indicou um intervalo em que não existe sol – ver Figura 32. Estas constatações são favoráveis ao projeto Fesquinho, uma vez que se sabe que quanto maior a utilização do robô, maior será a energia necessária para o seu normal funcionamento, e sendo os painéis FV os principais meios de captação energética, torna-se mais fácil manter o equilíbrio energético no período de sol. Além disso, a fraca utilização do RMA no período das 8h às 10h é bastante positiva porque permite a recuperação dos níveis de profundidade de descarga das baterias após uma noite sem captação de energia solar.

Fica por isso determinado que o intervalo horário em que o RMA terá menor taxa de utilização e poderá estar em *standby* é o intervalo que compreende as 20h e as 10h do dia seguinte.

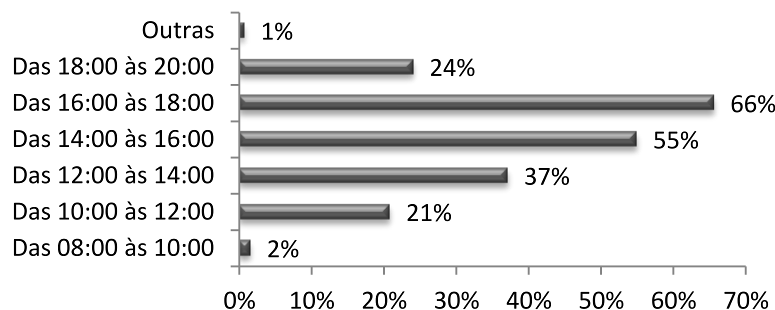


Figura 32 – Horário preferencial da amostra para compra de bens alimentares na praia[19]

A respeito das categorias de produtos atualmente mais consumidas pela amostra, verificou-se uma forte preferência pelas águas, sandes e gelados, escolhidas por mais de metade da amostra – ver Figura 33. Esta preferência denota a necessidade de hidratação do banhista durante um dia de praia, a necessidade de saciação da fome com alimentos convenientes, e a compra de um bem alimentar, vulgarmente presente na oferta de qualquer um dos vendedores de praia, que não sendo considerado essencial, é um artigo a que muitos banhistas se "dão ao luxo" de comprar. As águas continuam, no entanto, a ser o artigo preferido por uma larga margem da amostra.

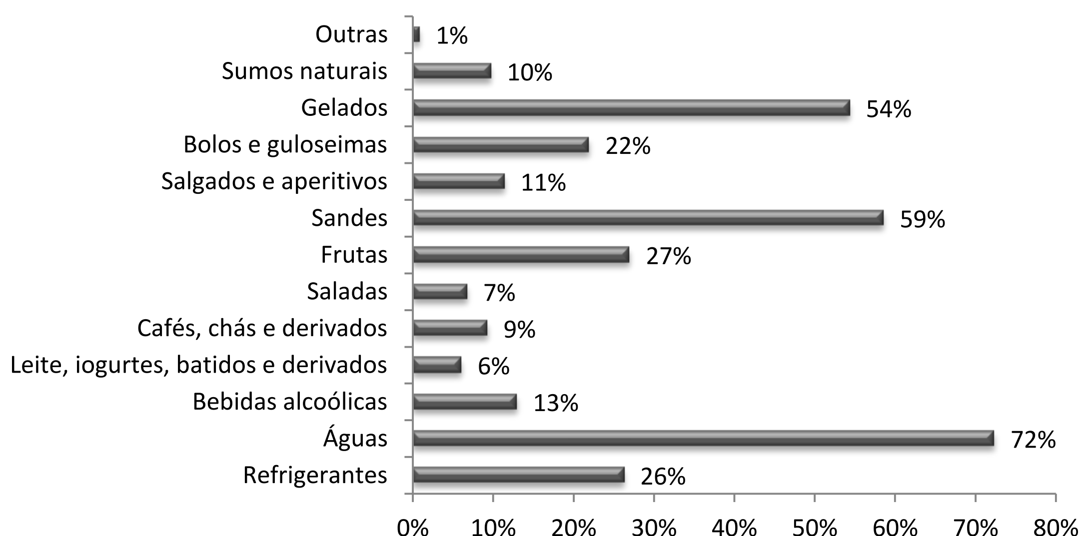


Figura 33 – Categorias de produtos alimentares mais consumidos pela amostra na praia[19]

5.3.3 Determinação das Preferências do Banhista Relativamente ao Sortido do Robô

Com o objetivo de conhecer os produtos que obterão a maior procura no Fesquinho, recolheram-se as respostas a respeito das categorias de produtos preferidas para disponibilizar para venda no robô. Ressalva-se no entanto que embora se tenha incluído as categorias "Gelados" e "Cafés, chás e derivados" – esta categoria só contém produtos que são servidos quentes – estas opções não deverão constar do *stock* do Fesquinho, uma vez que a temperatura de armazenamento deste tipo de itens é substancialmente diferente à dos outros artigos e implicaria uma divisão interna do espaço de

[19] Pergunta de escolha múltipla que permite selecionar mais de uma opção. As percentagens podem somar mais de 100%.

refrigeração, com diferentes termostatos e componentes de controlo térmico, além de gastos energéticos acrescidos.

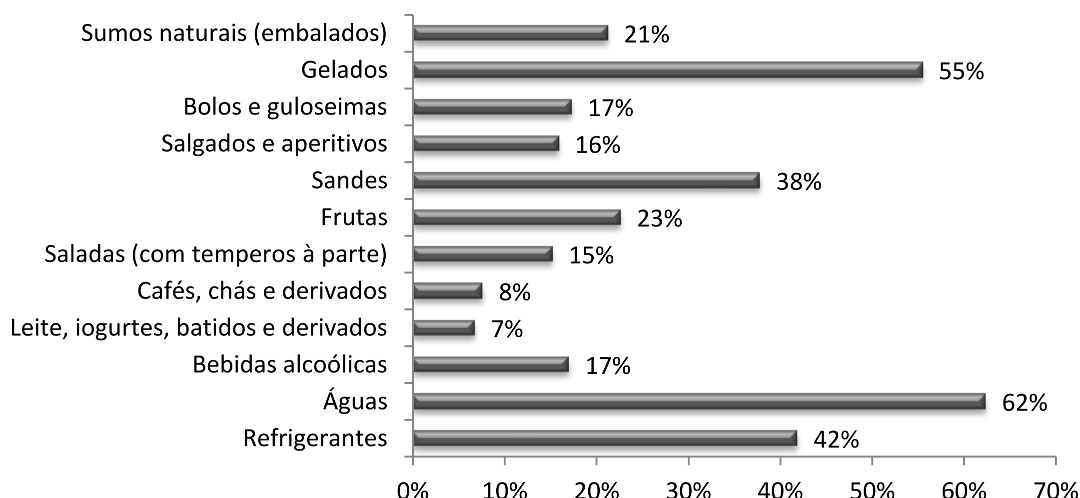


Figura 34 – Categorias de produtos alimentares preferidas pela amostra para uma compra efetuada através do Fesquinho[19]

Da análise da Figura 34, manifesta-se em primeiro lugar uma alta aceitação do Fesquinho para a venda dos produtos que maiores necessidades de refrigeração têm – águas, gelados e refrigerantes. Tal pode ser interpretado como a aceitação e perceção, por parte dos inquiridos, de que o Fesquinho consegue de facto manter a temperatura adequada ao seu consumo e armazenamento.

Uma preocupação declarada constantemente pela amostra foi a possibilidade de retirar empregos aos vendedores ambulantes que vendem artigos na praia. Por isso, e pelas razões já citadas anteriormente, a limitação de não vender gelados no Fesquinho, apesar de ser uma categoria de produtos muito procurada, pode de facto trabalhar a favor deste projeto, deixando uma categoria de produtos para venda exclusiva em outros vendedores. Uma outra constatação interessante, comparando as categorias de produtos mais consumidas e as desejadas para a oferta do Fesquinho, é o aumento para cerca de metade dos pontos percentuais das categorias de “sumos naturais” – de 10% para 21% – “saladas” – de 7% para 15% – e “refrigerantes” – de 26% para 42%. Estes aumentos reforçam claramente a ideia de que existe um grande mercado por explorar e, nesse intuito, estas categorias deverão ser contempladas pela oferta do Fesquinho.

5.3.4 Determinação da Disponibilidade de Pagamento do Consumidor

Nesta secção apresentam-se as respostas dos inquiridos sobre se estão disponíveis a pagar mais pelos produtos comprados no robô do que pagariam pelos mesmos produtos quando comprados nos bares da praia ou a VA. Numa escala de Likert em que se atribuiu o valor 1 a “Discordo totalmente”, o valor 2 a “Discordo”, e assim progressivamente até ao valor 5 de “Concordo totalmente”, a opção 1 e 2 foi indicada por 77% dos inquiridos, que assim reportaram não estarem disponíveis para pagar mais pelos produtos do Fesquinho do que pagariam aos VA. Esta percentagem eleva-se a 81% quando a comparação é feita com os bares de praia. Por outro lado, apenas pouco mais dos 10% dos inquiridos reportaram estar disponíveis a pagar mais pelos produtos do Fesquinho. Estes resultados têm no entanto de ser vistos com alguma cautela, uma vez que, segundo Wertenbroch e Skiera

(2002), os inquiridos dão as suas respostas na esperança de que os preços sejam influenciados pelas mesmas e não têm qualquer incentivo para responder honestamente.

5.3.5 Opinião do Consumidor Face ao Robô

A opinião do consumidor face ao robô foi, na generalidade, muito positiva com 93% da amostra a admitir vir a experimentar comprar bens alimentares no Fesquinho, caso se depare com o robô. Aliás, na análise dos atributos mais valorados no robô, notou-se que de uma forma geral as características do Fesquinho foram altamente apreciadas – numa escala de 1 “Nada importante” a 5 “Muito importante”, nenhum atributo foi valorizado com nota menor a 3,5.

Tabela 4 – Média dos atributos do Fesquinho

Atributos e funcionalidades	Frequência relativa de 1	Frequência relativa de 2	Frequência relativa de 3	Frequência relativa de 4	Frequência relativa de 5	*Média*
V4) O robô mantém os produtos frescos e refrigerados	0%	0%	2%	7%	92%	4,90
V5) O robô é fácil de utilizar	0%	1%	4%	21%	74%	4,69
V3) O robô usa energia do vento e do sol	2%	2%	10%	25%	61%	4,42
V6) A compra no robô é feita com rapidez	0%	1%	11%	34%	54%	4,41
V2) O robô circula na proximidade dos banhistas	1%	4%	16%	37%	42%	4,15
V8) O robô tem alternativas de alimentação saudável	2%	5%	21%	31%	41%	4,04
V12) O robô tem um dispensador de gelo para pôr nas bebidas	2%	5%	17%	38%	37%	4,03
V7) O robô vende uma grande diversidade de produtos	1%	4%	27%	39%	30%	3,93
V14) Através de uma SMS, é possível saber a localização do robô mais próximo	4%	7%	21%	35%	33%	3,87
V1) O desenho do robô é apelativo	2%	7%	23%	38%	29%	3,86
V15) Através de um site, é possível ao cliente sugerir os seus produtos favoritos	2%	8%	22%	40%	28%	3,83
V11) O robô é um veículo móvel autónomo	3%	7%	27%	38%	26%	3,76
V9) O menu do robô é grande e visível à distância	2%	10%	31%	38%	19%	3,63
V10) A venda é feita automaticamente, sem que o cliente precise de interagir com outra pessoa	7%	9%	28%	29%	28%	3,61
V13) O robô tem um sino que permite ao cliente saber onde este circula	7%	11%	24%	34%	24%	3,57

Para identificar os atributos que o consumidor mais valoriza no Fesquinho, calculou-se a média de cada um dos atributos e ordenaram-se os mesmos decrescentemente, como se pode observar na Tabela 4 – os atributos estão codificados.
Da análise da Tabela 4 pode-se concluir que, em primeiro lugar e conforme havia já sido referido nas entrevistas a banhistas, a frescura e baixas temperaturas dos produtos alimentares contidos no Fesquinho são altamente valoradas para o consumo na praia – média de V4) é de 4,90.
Por outro lado, a simplicidade de utilização do robô é um ponto fulcral para que o consumidor possa ter uma boa experiência na sua utilização e queira repeti-la – média de V5) é de 4,69. Por essa razão, a utilização no Fesquinho de um interface semelhante ao de uma MVA, a que os consumidores já estão acostumados, parece uma boa decisão.
Estando em voga o tema da responsabilidade corporativa das empresa e no contexto de operações em zonas protegidas, onde o consumidor passa férias, a utilização de energias renováveis foi também uma excelente escolha, já que através deste método não se polui o ambiente – média de V3) é de 4,42. A microturbina eólica, que como já se mencionou anteriormente, produz apenas energia residual, serve por isso o propósito de publicitar agressivamente esta marca que as renováveis têm no Fesquinho.
A rapidez e proximidade da compra são aspetos muito valorados, sublinhando a compra de conveniência como uma característica de muitas das compras que se efetuam na praia por parte da amostra – média de V6) e de V2) é de 4,41 e 4,15, respetivamente. Este autor acredita que, na situação do Fesquinho, uma compra assente no modelo de compras das MVA fará com que se agilizem a decisão e processamento das compras. Por outro lado, quando nenhum VA estiver presente, o que acontece muito frequentemente, o robô será efetivamente, regra geral, o vendedor mais próximo do consumidor.
Outra tendência, que já tinha sido reportada durante a investigação secundária, é a procura por opções de alimentação saudável. Os esforços feitos com vista a incluir algumas categorias de produtos de alimentação saudável, ainda que as estatísticas puras não o aconselhassem, ficam assim plenamente justificados – média de V8) é de 4,04.
O dispensador de gelo foi igualmente entendido pela amostra como uma grande mais-valia no robô. No entanto, este serviço complementar entra em conflito com a eficiência energética do robô e, por sua vez, com a utilização de recursos energéticos renováveis. Ora, tendo o atributo dos recursos energéticos sido já referido como de maior importância face ao atributo do dispensador de gelo – classificados com médias de 4,42 para V3) e 4,03 para V12) – e tendo alguns dos entrevistados referido na resposta aberta que não necessitariam do dispensador de gelo se os produtos estivessem efetivamente frescos no momento da compra, o dispensador de gelo pode ser considerado dispensável, pelo que o Fesquinho não incluirá esta funcionalidade.
Um sortido de produtos variado é também um atributo apreciado no Fesquinho – média de V7) é de 3,93. É claro que o sortido de produtos do Fesquinho não é, nem pretende ser, tão vasto e diversificado como os dos estabelecimentos de praia. Contudo, com os 10 produtos eleitos na secção 5.3.6 para estarem presentes no robô – representando um total de 7 categorias alimentares – o sortido oferecido pelo robô é certamente mais apelativo que o oferecido pelos VA.

A possibilidade de saber a localização do robô através de SMS (*Short Message Service*), não foi um dos atributos mais valorados – média de V14) é de 3,87. Alguns dos sujeitos inquiridos lembraram que uma aplicação para *smartphones* poderia disponibilizar essa mesma informação, e complementá-la ainda por exemplo com dados sobre produtos esgotados, de uma forma mais prática e mais acessível. Face a estas declarações, é credível que essa solução seja tecnologicamente melhor ajustada às necessidades do público-alvo.

O desenho do robô, não sendo um atributo do robô em si mas o equivalente à "embalagem" de um produto, obteve uma nota satisfatória, justificando o tempo investido na sua criação e na produção do seu protótipo virtual – média de V1) é de 3,86.

A possibilidade do cliente sugerir os seus produtos favoritos num *site* teve algum êxito, contando que este atributo depende de um esforço por parte do consumidor que tem de aceder ao site e indicar os produtos que gostaria de ter no robô – média de V15) é de 3,83. Não obstante, deve ser considerada uma integração desta possibilidade na própria aplicação para *smartphones*, permitindo um menor esforço do consumidor ao tratar de todos os assuntos relacionados com o Fesquinho duma forma centralizada e facilmente acessível, como é o seu telemóvel. Seguidamente a aceitação de um novo produto deverá ser testada com recurso à consulta dos registos de vendas.

A particularidade do robô ser um veículo móvel autónomo não despertou tanta curiosidade como seria de esperar, dado que foi um dos atributos menos valorados pela amostra – média de V11) é de 3,76. Este facto pode ser explicado pela desconfiança da amostra sobre um sistema autónomo que possa ser seguro para circular entre as pessoas, ou mesmo pela falta de interesse geral a respeito deste tipo de tecnologia. De qualquer modo, o tempo diminuto de circulação do robô nas praias, dadas as limitações energéticas, parece ser suficiente para o deleite daqueles que consideraram esta característica como "Muito importante" no Fesquinho (26% da amostra).

A finalidade de um menu grande e visível à distância, que faria com que as pessoas não tivessem de se levantar e deslocar para saber o que o Fesquinho vende, foi classificada como um dos três piores atributos – média de V9) é de 3,63. Este facto pode ser entendido pela jovialidade da amostra que não tem problemas em se levantar e se dirigir ao RMA ou em ler letras mais pequenas e mais distantes. Por outro lado, sabe-se que esta finalidade pode ser cumprida pela aplicação já referida, permitindo ao banhista obter uma informação mais completa independentemente da distância a que esteja do robô.

Outro ponto interessante da análise diz respeito à inexistência de contacto com pessoas para efetuar uma compra no robô. Durante as entrevistas, este ponto foi referido como uma grande vantagem em comprar no Fesquinho. Todavia, aqui essa importância é desmentida pela amostra, demonstrando que na sua maioria o contacto social é apreciado e não causa nenhum constrangimento – média de V10) é de 3,61.

Em último lugar está o sino do robô, que permite saber onde o Fesquinho se encontra – média de V13) é de 3,57. Segundo foi possível apurar, existem duas razões principais para que esta ideia não tenha sido tão bem aceite. Na resposta aberta subsequente à classificação da importância dos atributos, os inquiridos dividiram-se entre os sujeitos que desejam que, em vez de um sino, o aviso de chegada seja feito com música ambiente – sendo sugeridos diversos estilos musicais, em que um

único estilo nunca agradaria a todos – e os sujeitos que não querem ser incomodados por qualquer ruído enquanto estão a desfrutar de um dia de praia.

5.3.6 Seleção dos Produtos Oferecidos no Fesquinho

Para determinar os produtos alimentares que o mercado quer encontrar no Fesquinho – outro dos objetivos desta investigação – nesta secção serão analisados todos os produtos individualmente, quantificando o interesse da amostra em cada um, e será fabricada uma lista com os produtos preferidos das pessoas. Devido ao efeito de substituição, isto é, a possibilidade de um cliente substituir a compra do seu produto preferido por outro de características semelhantes quando o produto preferido não está presente, analisam-se também as categorias preferidas, tanto na ótica do consumo de bens alimentares na praia, como na ótica das categorias mais desejadas no Fesquinho (Trautrims, 2011).

Com o intuito de definir previamente os produtos a albergar no Fesquinho, consideraram-se primeiro os 17 produtos preferidos pelo consumidor, número a partir do qual o número de pessoas que escolhe o produto desce abruptamente. Este limite foi também estabelecido com o desígnio de disponibilizar um sortido suficientemente amplo e variado – característica valorizada pela amostra – ainda que dentro de limites considerados razoáveis para facilitar o controlo de inventário. Gerou-se depois uma tabela ordenada por preferência de categorias e, dentro de cada categoria, cada produto é ordenado por frequência absoluta (número de vezes que foi escolhido) – ver Tabela 5.

A escolha dos produtos que farão parte da oferta do robô obedeceu à metodologia que será descrita seguidamente. Em primeiro lugar, foi decidido eliminar a oferta de qualquer bebida alcoólica e consequentemente eliminou-se a cerveja Super Bock da linha de produtos Fesquinho. Esta eliminação é justificada, uma vez mais, pela necessidade de simplificar o sistema e moderar o capital investido para a produção do robô, sempre que o consumidor não exprima uma preferência notória por um produto. O acréscimo de capital investido dever-se-ia, neste caso, à obrigatoriedade de instalação de sistemas de leitura de cartões que possibilitassem a identificação da idade do cliente[20].

O outro produto eliminado foi a batata-frita. À semelhança do que já havia sucedido com as categorias eliminadas, a batata-frita tem requisitos térmicos dispares dos restantes produtos da linha que acrescentam custos de investimento na inclusão da linha de produtos.

Em segundo lugar selecionaram-se os líderes de cada categoria. Finalmente consideraram-se também os produtos com uma frequência absoluta superior a 40 pessoas. Isto levou à seleção dos produtos sandes de frango e bola de Berlim sem creme.

---

[20] As bebidas alcoólicas só podem ser vendidas a maiores de 18 anos.

Tabela 5 – Listagem dos produtos mais selecionados pela amostra, excluindo os produtos das categorias com diferentes necessidades de conservação (“Gelados” e “Cafés, chás e derivados”)

Categoria	Quota da categoria	Produto	Quota do produto dentro da categoria	Frequência absoluta (do produto)
Águas	62%	Água mineral do Luso	95%	439
Refrigerantes	42%	Coca-Cola Clássica	43%	134
		Lipton Ice Tea limão	11%	34
		Coca-Cola Zero	10%	32
Sandes	38%	Sandes de atum	28%	79
		Sandes de frango	16%	46
		Sandes de queijo e fiambre	12%	32
Frutas	23%	Uvas	18%	31
		Maçã	18%	31
		Pêssego	15%	27
Sumos naturais	21%	Sumo de laranja	30%	48
Bolos e guloseimas	17%	Bola-de-Berlim com creme	59%	72
		Bola-de-Berlim sem creme	41%	49
Bebidas alcoólicas	17%	Cerveja Super Bock	47%	62
		Cerveja Sagres	23%	31
Salgados e aperitivos	16%	Batata-frita	44%	51
Saladas	15%	Salada de frango	42%	49

Deste modo, a linha de produtos Fesquinho é resumida na seguinte lista:

1. Água mineral do Luso (Águas)
2. Coca-Cola Clássica (Refrigerantes)
3. Sandes de atum (Sandes)
4. Bola-de-Berlim com creme (Bolos e guloseimas)
5. Sumo de laranja natural (Sumos naturais)
6. Salada de frango (Saladas)
7. Bola-de-Berlim sem creme (Bolos e guloseimas)
8. Sandes de frango (Sandes)
9. Uvas (Frutas)

Constata-se assim que esta lista é suficientemente ampla e distinta para agradar a grande parte da população e dois terços da oferta podem ser catalogados como opção de alimentação saudável.

Concluindo, a linha de produtos do Fesquinho aqui apresentada contém tanto os produtos como as categorias de produtos mais requisitadas, oferecendo produtos das categorias com maior potencial de vendas, contemplando opções de alimentação saudável – imagem de marca do Fesquinho – e proporcionando uma ampla variedade de produtos à população – 9 produtos de 7 categorias de alimentos diferentes.

5.3.7 Análise Fatorial

Devido à elevada correlação entre algumas variáveis, efetua-se uma análise fatorial com o objetivo de encontrar um número reduzido de variáveis não correlacionadas para uso na análise de *clusters*.

O tamanho da amostra é adequada, uma vez que o rácio entre as 14 variáveis e as 709 observações

A análise fatorial é executada sobre as 14 variáveis usadas para medir a importância dos atributos e funcionalidades do conceito Fesquinho; exclui-se a variável sobre o dispensador de gelo.

Sobre a questão do tamanho da amostra, e uma vez que a partir das 14 variáveis originais e as 709 observações se tem cerca de 50 observações por cada variável, verifica-se que este valor é largamente adequado, segundo Hair et al. (2010). Para averiguar se os dados são adequados para se prosseguir com a extração de fatores ou componentes, examina-se, em primeiro lugar, a matriz de correlações. Ao observar a mesma, pode-se constatar que existem apenas 4 variáveis que não atingem nenhum valor de correlação maior que 0,3, estando contudo muito próximas desse valor. Além disso, apenas 18 das 196 correlações nesta matriz não são significantes ao nível 0,05. Assim, todas as 14 variáveis são incluídas na análise. De seguida, verifica-se que a medida de KMO, com um valor de 0,729, é classificada como "mediana" (Kaiser e Rice, 1974). Também o teste da esfericidade de Bartlett apresenta uma probabilidade associada inferior a 0,05, pelo que esta matriz é adequada para se prosseguir com a análise fatorial.

Terminada a fase de verificação da adequação dos dados, analisam-se os diferentes critérios de determinação do número de fatores a extrair. Utiliza-se a PCA para a extração dos fatores, como indicado na secção 4.2. Em relação ao critério dos *eigenvalues* superiores a um, verifica-se a existência de cinco fatores com valor superior a este valor e um sexto fator com um valor muito próximo de um. De seguida, observando o *scree plot* – ver Figura 35 – e reconhecendo a subjetividade da apreciação deste gráfico, seria adequado extrair 4 ou 6 fatores. Estudaram-se assim as soluções em que se extraíram 4, 5 e 6 fatores.

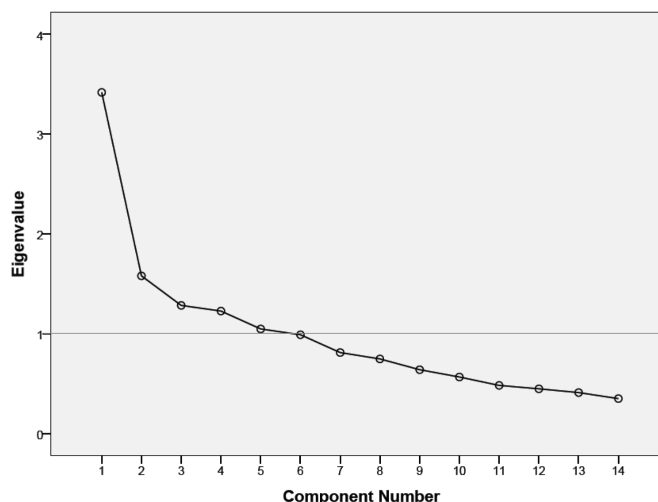


Figura 35 – *Scree plot* com linha de *eigenvalues* iguais a um

A solução de 4 fatores não foi considerada porque tinha 2 variáveis com *communalities* abaixo do limite de 0,5 e também porque a variância total explicada pelo modelo era inferior ao limite mínimo de 60%, sugerido por Hair et al. (2010). A solução de 5 fatores continua a apresentar 2 variáveis com *communalities* abaixo do limite de 0,5.

Tabela 6 – Matriz dos componentes rodados[21] e das *communalities* para 7 fatores

	Component							Communalities
	1	2	3	4	5	6	7	Extraction
importância da facilidade de utilização	,822							,739
importância da rapidez da compra	,729							,644
importância da refrigeração dos produtos	,723					,360		,795
importância da diversidade de produtos		,799						,695
importância da alimentação saudável		,724				,411		,738
importância de um menu visível à distãncia		,677						,718
importância da não interacção humana			,878					,689
importância de ser um VMA			,837					,705
importância do site aberto a sugestões				,847				,620
importância da SMS localizadora do robô				,838				,804
importância do desenho apelativo					,828			,786
importância da proximidade de circulação					,739			,853
importância das energias renováveis						,858		,781
importância do badalo avisador							,881	,786

Tabela 7 – Variância total explicada para 7 factores

	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
Component	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3,416	24,403	24,403	3,416	24,403	24,403	1,841	13,151	13,151
2	1,579	11,280	35,683	1,579	11,280	35,683	1,813	12,947	26,098
3	1,284	9,168	44,851	1,284	9,168	44,851	1,682	12,012	38,110
4	1,227	8,764	53,615	1,227	8,764	53,615	1,537	10,979	49,089
5	1,048	7,484	61,099	1,048	7,484	61,099	1,290	9,212	58,301
6	,990	7,069	68,169	,990	7,069	68,169	1,154	8,244	66,544
7	,811	5,796	73,964	,811	5,796	73,964	1,039	7,420	73,964
8	,747	5,339	79,303						
9	,640	4,569	83,872						
10	,567	4,047	87,918						
11	,482	3,446	91,364						
12	,448	3,201	94,565						
13	,411	2,934	97,499						
14	,350	2,501	100,000						

A solução de seis fatores apresenta bons resultados. Contudo, as *communalities* da variável badalo avisador continuam abaixo de 0,5. Além disso, a estrutura fatorial mostra que as variáveis da alimentação saudável, do badalo avisador e da refrigeração dos produtos apresentam *factor loadings* superiores a 0,3 em dois fatores cada uma – a variável do badalo avisador tem, inclusive, pesos equivalentes em ambos. Pelas razões acima expostas, esta solução será abandonada e será

[21] A rotação convergiu em 7 iterações.

explorada a de sete fatores – outra alternativa possível seria retirar a variável badalo avisador da análise, o que se preferiu não fazer.

Como se pode ver na Tabela 6, todas as *communalities*, que variam entre 0,620 e 0,853, estão bastante acima do limite mínimo recomendado, indicando que todas as variáveis são bem explicadas pelo modelo. Além disso, um total de 74,0% da variância dos dados é explicado com esta estrutura – ver os resultados com maior detalhe na Tabela 7.

De notar, no entanto, que na matriz de componentes rodados – Tabela 6 – existe ainda um fator que agrega as variáveis de desenho apelativo e de proximidade de circulação, o que pode levantar algumas questões sobre a sua interpretação. Adicionalmente existem também duas variáveis com *loadings* significativos em dois fatores cada, embora em ambos os casos um dos *loadings* seja pronunciadamente maior.

Para interpretar os fatores e proceder à sua etiquetagem identificaram-se as variáveis com maiores *loadings* em cada fator e qual o elemento comum às mesmas. Como resultado, foram dados os nomes de "Conveniência", "Menu", "Automatização", "Interação Distante", "Estética e Proximidade", "Sustentabilidade" e "Aviso Sonoro" aos fatores numerados de 1 a 7, respetivamente.

5.3.8 Análise de *Clusters*

Neste capítulo, proceder-se-á ao agrupamento dos dados face aos *factor scores* calculados na secção anterior e analisar-se-ão os *clusters* formados, começando com o método do vizinho mais próximo, também conhecido como *single linkage*, para encontrar os *outliers* que possam distorcer a análise posterior feita através do método de Ward com a distância Euclidiana quadrática, especialmente suscetível a esta influência.

Executa-se o método do vizinho mais próximo com os 709 casos viáveis selecionados para esta análise, utilizando como medida de semelhança a distância Euclidiana quadrática e como variáveis os 7 fatores previamente criados. Visualizando o dendrograma – consultar a Figura 39 do Anexo IV – pode-se verificar que há claramente um momento onde os 7 últimos casos a serem agrupados – lado direito do dendrograma – são-no a uma distância relativamente acrescida, agrupando-se caso a caso em oposição ao que se observa até àquele momento, pelo que são eliminados.

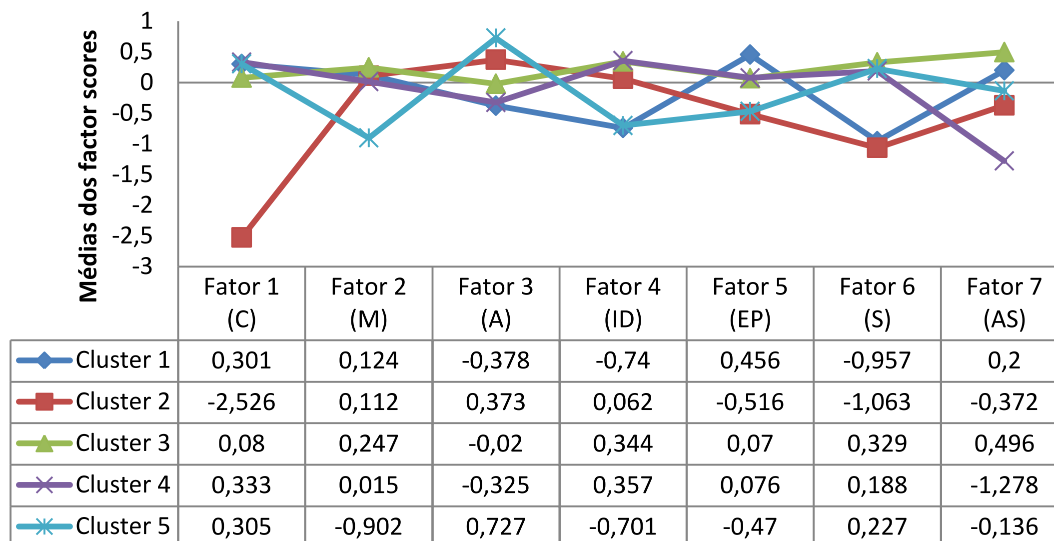
Conduz-se então o agrupamento dos dados, recorrendo ao método de Ward com a distância Euclidiana quadrática e aplicado aos remanescentes 702 casos.

Observando o dendrograma do Ward sem *outliers* – ver a Figura 40 do Anexo IV – conclui-se que o número ideal de *clusters* é de 5 ou 7[22], sendo que com 5 *clusters* a solução apresenta uma maior distância entre os nós do dendrograma. Para além disso, utilizou-se o índice interno VRC para auxiliar na tomada de decisão relativa ao número de *clusters*, obedecendo aos passos aconselhados por Mooi e Sarstedt (2011). O valor mínimo de w_k é assim obtido para a solução de 5 *clusters*, indicando ser esta a melhor solução para a presente estrutura de dados.

[22] Quando se lê um dendrograma, pretende-se observar o número de *clusters*, ou o momento, em que duas fusões sequenciais são feitas com uma grande distância de semelhança entre *clusters* – ilustrado pelo eixo, neste caso vertical, do dendrograma. Assim, traçam-se linhas, neste caso horizontais, sobre todos os nós da figura e medem-se as distâncias entre tais linhas (Norusis, 2009).

5.3.8.1 Descrição dos Clusters

Em seguida ilustram-se as médias dos *factor scores* para cada um dos *clusters* formados, visando interpretar, caracterizar e entender a constituição de cada um destes grupos – ver Figura 36. Os *clusters* serão também caracterizados segundo as variáveis que não contribuíram diretamente para o agrupamento dos dados, de modo a poder posteriormente etiquetá-los.



	Fator 1 (C)	Fator 2 (M)	Fator 3 (A)	Fator 4 (ID)	Fator 5 (EP)	Fator 6 (S)	Fator 7 (AS)
Cluster 1	0,301	0,124	-0,378	-0,74	0,456	-0,957	0,2
Cluster 2	-2,526	0,112	0,373	0,062	-0,516	-1,063	-0,372
Cluster 3	0,08	0,247	-0,02	0,344	0,07	0,329	0,496
Cluster 4	0,333	0,015	-0,325	0,357	0,076	0,188	-1,278
Cluster 5	0,305	-0,902	0,727	-0,701	-0,47	0,227	-0,136

Figura 36 – Centróides dos *clusters* (Legenda das siglas: C – Conveniência; M – Menu; A – Automatização; ID – Interação Distante; EP – Estética e Proximidade; S – Sustentabilidade; AS – Aviso Sonoro)

<u>*Cluster* 1</u> (os "Stressados com crianças") – este *cluster* contém 103 das 702 observações validadas, correspondendo a uma quota de cerca de 15% da população. É um grupo com *factor scores* altos para o fator "Conveniência" e os mais altos para "Estética e Proximidade", podendo-se deduzir que o aspeto paisagístico e o facto do robô circular próximo ao cliente constituirão pontos fulcrais na atração do grupo para efetuar compras no Fesquinho. Distinguiu-se ainda com os valores mínimos nos fatores "Automatização" e "Interação Distante", enquanto no fator "Sustentabilidade" apresenta valores próximos do mínimo, concluindo-se que este será um *cluster* pouco atraído pelo carácter altamente tecnológico deste projeto mas que valoriza, ainda assim, os benefícios conseguidos através da utilização do robô, nomeadamente a conveniência e qualidade das compras.

Em relação às variáveis não utilizadas na formação dos *clusters*, este *cluster* distingue-se por ser o mais equilibrado a respeito da preferência sobre uma compra num bar ou num VA, onde é alcançada a quota máxima relativa de pessoas que preferem comprar a um VA – com o valor de 48,5% – embora estes inquiridos ainda assim prefiram comprar a um bar de praia – 49,5%. Esta quota máxima era de resto esperada, já que o grupo valorizou bastante a conveniência de uma compra, característica típica das compras feitas aos VA.

Em relação aos gastos monetários numa ida à praia, este *cluster* distingue-se por registar os maiores valores, com 2,9% dos respondentes neste segmento a reportarem gastos superiores a 20€ num dia de praia. Distingue-se também por ser um dos segmentos com menos dias de praia anuais registados – apenas 50,5% dos seus elementos admite ter mais de um mês de praia por ano, face à média de 56,0% entre *clusters* – perdendo assim alguma da atratividade conferida pelo facto de este segmento ser o mais gastador. É o *cluster* onde atualmente mais gente consome bolos e guloseimas na praia,

cerca de 30,1% do segmento, e onde mais gente deseja comprar sandes no robô, correspondendo a 41,7% dos elementos deste segmento. Por outro lado, é o grupo onde menos interesse existe em comprar águas do Fesquinho, já que apenas 58,3% manifesta este desejo.

Outros pontos que ressaltam na análise das variáveis não usadas na construção dos *clusters* a respeito deste grupo são o facto de ter a maior quota absoluta de pessoas que admite frequentar as praias da região do Algarve, representando 43,7% do segmento, de ter a maior quota relativa de profissionais liberais, 6,8%, e a maior quota absoluta de pessoas que vão para a praia na companhia de crianças, já que 43,7% do segmento vai acompanhado.

Cluster 2 (os "Empregados despreocupados") – é o menor de todos os *clusters* – com apenas 48 das 702 observações validadas, correspondendo a cerca de 7% desta população – mas também o que mais fortemente difere dos restantes a respeito dos centróides dos fatores, consequência de ter sido o último *cluster* a incorporar-se na solução final, de acordo com o dendrograma de Ward.

Ao observar o comportamento deste *cluster* face aos diferentes fatores, atesta-se que o fator caracterizador deste grupo é a "Conveniência", ao obter um valor vincadamente negativo (-2,526) o que, atendendo a que os *factor scores* obedecem a uma lógica de distribuição normal com média 0 e desvio padrão de 1, aponta a uma fraca valoração da compra rápida, facilidade de utilização do robô e não atribuindo também tanta importância ao facto do robô disponibilizar produtos refrigerados. Os fatores "Sustentabilidade" e "Estética e Proximidade" encontram igualmente mínimos absolutos neste *cluster*, sugerindo uma fraca valoração do aproveitamento de energias renováveis, do desenho do robô e da sua circulação próxima do cliente. O destaque mais forte pela positiva acontece com a "Automatização", dando a entender que este grupo pode-se sentir atraído pela experiência inovadora de comprar no Fesquinho e pela compra poder ser feita sem comunicar com um ser humano.

O *cluster* 2 apresenta a maior disponibilidade de pagamento, tanto comparativamente aos bares de praia, como comparativamente aos VA. Neste último caso, a média obtida para a variável "ao comprar bens alimentares no robô, estou disposto a pagar mais do que nos VA" é de apenas 2,40, num máximo de 5, mesmo sendo a máxima absoluta. Ora, este facto somado a ser este o grupo que mais acentuadamente diferencia as disponibilidades de pagamento entre bares de praia e VA indica que o tipo de retalhista mais valorado é o bar de praia. Tal é confirmado na pergunta da preferência de distribuidor em que 66,7% da população refere preferir comprar de um bar de praia e apenas 29,2% prefere o comprar de um VA.

Outros pontos que tornam este *cluster* atrativo para ser servido pelo Fesquinho são a quota de 31,3% deste segmento que admite fazer anualmente entre 30 a 45 dias de praia, um máximo para esta opção, e a quota de 64,6% de pessoas que considera, mais geralmente, fazer no mínimo um mês de praia por ano.

Este é o *cluster* acentuadamente mais masculino – uma quota de 58,3% da população deste género – com a idade e o nível de escolaridade mais avançados – 41,7% com idade superior a 25 anos e 97,9% com pelo menos o Ensino Secundário completo – com a maior quota de empregados e a menor quota de alunos – 33,3% e 56,3%, respetivamente. O *cluster* tem também a menor quota de frequência das praias da região de Lisboa e Vale do Tejo – apenas 25% – o menor consumo de

sandes na praia – 50% do segmento – e o maior desejo de compra de águas no Fesquinho – 72,9% do grupo quer comprar este item no robô.

Cluster 3 (as "Adeptas *green*") – este é o maior *cluster*, contendo 323 das 702 respostas validadas, e é o *cluster* de maior interesse numa perspetiva de mercado potencial. Representa cerca de 46% da população. Apresenta, para 3 fatores, os factor scores médios mais elevados, pelo que os elementos deste *cluster* valorizam as funcionalidades e características do conceito Fesquinho. Concretizando, os fatores "Menu", "Sustentabilidade" e "Aviso Sonoro" obtêm os valores máximos dos *factor scores* médios, mas o fator "Interação Distante" também recebe uma distinção positiva muito próxima do máximo. Ao interpretar estas pontuações pode-se classificar o grupo como sendo constituído de pessoas altamente apreciadoras da componente *green* do projeto e da sua sustentabilidade energética. São pessoas que valorizam as novas possibilidades ao nível do menu, ao permitir comprar alimentos frescos e saudáveis na praia, para além de diversificar as suas opções de compra de bens alimentares na praia.

Este grupo também se distingue por, atualmente, registar os gastos mais moderados no consumo de produtos alimentares na praia – cerca de 80,8% da população admite apenas gastar menos de 5€ em cada dia de praia, com 50,2% a gastar entre 2€ a 5€ e 30,7% a gastar menos de 2€. Este pode ser um indicador de que as suas necessidades não estão a ser correspondidas com a oferta atual mas pode também ser um sinal de um consumo mais moderado devido à falta de liquidez monetária. Grande parte da população deste grupo – cerca de 66,9%, representando uma quota absoluta máxima – admite fazer as suas compras durante o intervalo entre as 16 e as 18 h.

O consumo frequente de bebidas alcoólicas neste *cluster* também regista um mínimo absoluto de 9,9% e o consumo de frutas regista um máximo relativo de 28,5%. É um dos grupos em que o Fesquinho tem maior aceitação, com apenas 6,8% da população a recusar-se comprar no robô, e o grande fator de distinção demográfica deste *cluster* é a quota máxima absoluta de 67,8% de pessoas do sexo feminino.

Cluster 4 (os "Alunos sossegados") – este *cluster* contém 120 das 702 observações validadas, correspondendo a uma quota de cerca de 17% da população. O *factor score* médio onde ocorre a maior distinção pela negativa é no fator "Aviso Sonoro", indicando a presença duma população que valoriza a tranquilidade e sossego da praia. As outras características que distinguem o *cluster* são os máximos das médias dos *factor scores* "Conveniência" e "Interação Distante", apontando a uma alta valoração das compras rápidas e fáceis de produtos refrigerados, assim como da possibilidade de saber a localização do robô através de SMS ou de enviar sugestões para um site. Por outro lado, o fator "Automatização" está próximo do mínimo, sugerindo um vago interesse na socialização com o VA e pouco interesse na componente robótica do projeto; o fator "Sustentabilidade" está próximo do máximo.

Este é um dos *clusters* que apresenta menores médias nas variáveis "ao comprar bens alimentares no robô, estou disposto a pagar mais do que nos VA" e "ao comprar bens alimentares no robô, estou disposto a pagar mais do que nos bares de praia", com valores de 1,88 e 1,91, respetivamente, é o grupo que admite anualmente passar mais tempo na praia, com 67,5% da população a relatar despender mais de 30 dias por ano neste local, é o grupo que tem a maior quota absoluta de pessoas

a fazer um gasto diário entre 2€ e 5€, com 50,8% do segmento, é o grupo que mais consome águas e sandes na praia, com 80,0% e 65,0% de alcance, respetivamente, e é o grupo que menos deseja comprar gelados no Fesquinho, com apenas 48,3% da população revela esta vontade.

Este é, simultaneamente, o *cluster* mais forte nas classes etárias mais jovens – 69,2% da população com idade inferior a 25 anos – com a maior quota da população a passar a maioria dos seus dias de praia da região do Alentejo (17,5%) e com a maior quota de alunos (65,8%).

Cluster 5 (os "Instruídos de gosto simples") – este *cluster* contém 108 das 702 observações validadas, correspondendo a uma quota de cerca de 15% da população. O fator "Menu" apresenta o menor valor médio absoluto neste *factor score*, com -0,902, apontando para uma fraca valorização de um sortido amplo de produtos com opções de alimentação saudável, e a maior distinção positiva ocorre no fator "Automatização", ou seja, uma avaliação alta para a importância de não ter de interagir com um ser humano e do Fesquinho ser um veículo móvel autónomo. Noutras pontuações relevantes a "Interação Distante" e a "Estética e Proximidade" ficaram próximas do mínimo absoluto, e a "Conveniência" e a "Sustentabilidade" ficaram próximas do máximo absoluto.

O *cluster* apresentou também umas das menores médias nas variáveis "ao comprar bens alimentares no robô, estou disposto a pagar mais do que nos VA" e "ao comprar bens alimentares no robô, estou disposto a pagar mais do que nos bares de praia", especialmente quando comparando com os VA, obtendo uma média de 1,81. Exibiu também o menor número de dias de praia por ano, já que 56,5% da população alega passar menos de um mês neste local, mostrou a maior tendência para gastos diários na praia inferiores a 2€, com 36,1% do segmento a indicar este nível de gastos. Este grupo demonstrou ainda a maior apetência para consumo de gelados na praia e o maior desejo de compra de gelados no Fesquinho, tendo 58,3% e 64,8% de quotas respetivamente, e obteve a maior quota relativa de pessoas contra uma eventual utilização do Fesquinho, com 10,2% da população a rejeitar a ideia de que algum dia possa vir a usar o robô.

O grupo distingue-se também por ter uma maioria da população do sexo masculino (55,6%), a maior quota absoluta na frequência de praias da região de Lisboa e Vale do Tejo (42,6%), a maior quantidade de pessoas com o Ensino Superior concluído (48,1%), e o maior número de pessoas que vão para a praia não se fazendo acompanhar por quaisquer crianças (65,7%).

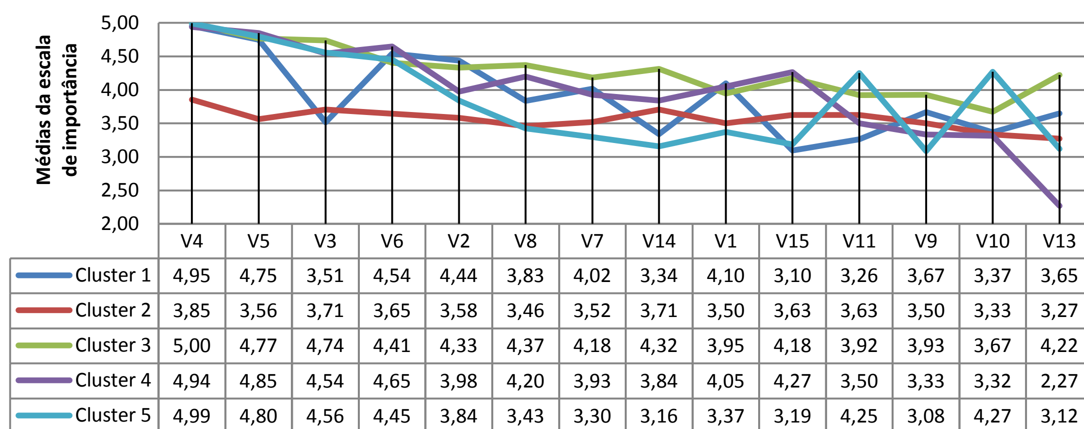
Concluindo, por ser o maior *cluster* – 46% da amostra – e aquele que no global melhor valoriza as características e atributos do conceito Fesquinho, apresentando três máximos nas médias dos *factor scores*, no fator "Menu", no "Sustentabilidade" e "Aviso Sonoro", e um valor muito próximo do máximo no fator "Interação Distante", o robô deve ser concebido e o seu sortido selecionado atendendo primeiramente às características e necessidades do *cluster* 3, as "Adeptas *green*", apesar de este grupo não ser o que apresenta maior disponibilidade de pagamento, nem o que faz maiores gastos na compra de produtos alimentares na praia. Assim, os produtos a incluir neste RMA serão fortemente influenciados para agradar a este grupo. De facto, os seus produtos preferidos são os produtos preferidos pela amostra em geral.

Também o *cluster* 4 é atrativo porque, embora representando apenas 17 % da amostra, apresenta 2 máximos nas médias dos *factor scores*, nomeadamente para o fator "Conveniência" e "Interação Distante". Para além disso, este grupo admite anualmente passar mais tempo na praia e tem a maior

quota absoluta de pessoas que fazem um gasto diário entre 2€ e 5€. Note-se que caso a decisão fosse servir apenas estes dois segmentos, que representam cerca de dois terços dos respondentes, do ponto de vista de desenho, o fator menos apreciado seria a “Automatização” seguido da “Estética e Proximidade”. Haveria também um conflito a resolver, pois enquanto o *cluster* 3 aprecia muito o “Aviso Sonoro”, o *cluster* 4 é o que menos gosta desta caraterística do robô.

5.3.9 Integração da pesquisa de marketing no desenvolvimento futuro do Fesquinho

Para finalizar, exemplifica-se como se pode utilizar a informação dos atributos para guiar o futuro desenvolvimento do conceito Fesquinho, admitindo que se escolheria servir o segmento das “adeptas *green*”, o *cluster* 3.



	V4	V5	V3	V6	V2	V8	V7	V14	V1	V15	V11	V9	V10	V13
Cluster 1	4,95	4,75	3,51	4,54	4,44	3,83	4,02	3,34	4,10	3,10	3,26	3,67	3,37	3,65
Cluster 2	3,85	3,56	3,71	3,65	3,58	3,46	3,52	3,71	3,50	3,63	3,63	3,50	3,33	3,27
Cluster 3	5,00	4,77	4,74	4,41	4,33	4,37	4,18	4,32	3,95	4,18	3,92	3,93	3,67	4,22
Cluster 4	4,94	4,85	4,54	4,65	3,98	4,20	3,93	3,84	4,05	4,27	3,50	3,33	3,32	2,27
Cluster 5	4,99	4,80	4,56	4,45	3,84	3,43	3,30	3,16	3,37	3,19	4,25	3,08	4,27	3,12

Figura 37 – Médias individuais das variáveis ativas na análise de *clusters*, organizadas da esquerda para a direita desde a mais alta até à mais baixa, mantendo a numeração de ordem de aparecimento no questionário

Na Figura 37 apresentam-se as médias dos atributos do Fesquinho obtidas para toda a amostra, ordenadas por ordem decrescente para mais facilmente se comparar as tendências de determinado *cluster* face ao conjunto da população. Começando pelas variáveis menos valoradas, a “V13 – O robô tem um badalo (sino), que permite ao cliente saber onde este circula”, é a variável com maior dispersão nas médias de cada grupo, implicando que ao agradar um grupo se estará possivelmente a desagradar outro. Coincidentemente é uma variável extremamente valorada pelo segmento das “Adeptas *green*”, segmento alvo, obtendo uma nota superior a 4 na escala de importância. Naturalmente deve-se manter o badalo no robô devido ao último facto mencionado e, para não afastar outros *clusters* com esta decisão, nomeadamente o *cluster* 4 que obteve uma nota negativa, e dado que o badalo é acionado unicamente pelo movimento do robô, não se deverá nunca permitir ao robô circular mais de 1h por dia, enquanto estiverem banhistas em seu redor.

A variável “V10 – A venda é feita automaticamente, sem que o cliente precise de interagir com outra pessoa” é a menos valorada pelo *cluster* das “Adeptas *green*”, estando mesmo assim no intervalo de notas positivas acima dos 3,5 pontos na escala de importância. Se hipoteticamente for ponderada uma forma de atenuar o automatismo do sistema, recriando um diálogo humano, estar-se-ia a criar uma nova fonte de poluição sonora, sendo credível que os mesmos grupos que desvalorizaram a presença de um badalo desvalorizassem agora essa nova fonte de ruído. Posto isto, considera-se

que o meio-termo alcançado, em que o robô tem um badalo mas não tem capacidades comunicativas, é uma boa solução.
Na variável "V9 – O menu do robô é grande e visível à distância" existe uma boa convergência e consistência entre os *clusters* e obtém-se uma das médias mais baixas em todos os itens avaliados. Tal facto pode-se dever à fraca representação da população mais sénior, que terá naturalmente mais dificuldade em ver ao longe, ou mesmo, em se levantar para se dirigir ao robô a fim de consultar o menu. De qualquer forma, sem especular sobre as razões destas médias e atendendo unicamente ao inquérito conduzido neste estudo, será interessante explorar a possibilidade de reduzir o tamanho que o menu ocupa no Fesquinho para poder aumentar o espaço de publicidade, que pode ser vendido a empresas, e possibilitará novas fontes de rendimento. A exploração desta solução deve ser feita de forma faseada e incremental, procurando constantemente a opinião dos banhistas sobre as alterações aplicadas.
Sobre a variável "V11 – O robô é um veículo móvel autónomo", referir apenas que, por ser uma das áreas do robô mais sedentas de recursos, tanto financeiros na fase de desenvolvimento como energéticos na fase de exploração, e não tendo sido considerada de alta prioridade pelo público, deve-se simplificar a mobilidade autónoma para o mínimo estritamente necessário, considerando que tal se resume a percorrer uma praia paralelamente à linha da costa na zona de maior afluência de banhistas. Apesar da circulação do robô dever ser feita nas zonas de maior afluência, tal não implica uma circulação por entre a multidão, devendo os percursos ser alternativamente traçados em zonas mais afastadas do mar, junto às zonas de dunas, que tipicamente se encontram mais desertas. Mesmo circulando em zonas mais libertas, considera-se estritamente necessário dotar o robô dos dispositivos e mecanismos que lhe permitam parar na presença de um obstáculo[23].
A variável "V15 – Através de um *site*, é possível ao cliente sugerir os seus produtos favoritos" apesar de ser das menos valoradas pela população em geral, pontuou satisfatoriamente com média superior a 4,0 no *cluster* das "Adeptas *green*". Aconselha-se por isso a construir um *site* simples e acessível através de dispositivos móveis, como *smartphones* ou *tablets*, onde seja possível aos visitantes sugerirem produtos para a sua praia. Para criar valor adicional e atrair os restantes *clusters* a utilizarem este meio, deve ser possível acompanhar a localização do robô em serviço, para além de averiguar os produtos que estão disponíveis. Uma versão semelhante a este *site*, com as mesmas funcionalidades, deve ser disponibilizada em *app*, conforme sugeriram alguns dos inquiridos.
A variável "V1 – O desenho do robô é apelativo" volta a ser pontuada pelo segmento-alvo das "Adeptas *green*" perto da fronteira dos 4,0. Posto isto, parece razoável manter o desenho já elaborado na secção 5.1, não acrescendo os custos de estudo da forma. Mesmo o próprio desenho final, até aqui alcançado, poderá estar sujeito a alterações justificadas por uma redução nos custos de produção, ou seja, a forma do Fesquinho aqui apresentada pode vir a ser moldada de modo a tornar mais eficiente ou económico o seu processo de produção.
A respeito da variável "V14 – Através de um SMS, é possível saber a localização do robô mais próximo", cabe dizer que as "Adeptas *green*" são as únicas que pontuam a mesma acima da fronteira

[23] Como já foi mencionado anteriormente, após a paragem o robô poderá optar por se desviar do obstáculo ou esperar que o obstáculo interaja com o robô, no caso de este ser um potencial cliente.

de 4,0 em importância. Apesar de ser o segmento-alvo, considera-se neste caso que a solução apresentada para a variável V15, já referida, abrange as funcionalidades propostas pela V14, embora com alguma deterioração da abrangência do serviço, dado que podem existir pessoas sem acesso à internet que querem saber a localização do robô. Posto que todos os outros *clusters* pontuam abaixo do limite 4,0, e alguns bem abaixo, esta é uma deterioração considerada aceitável.

Para a "V7 – O robô vende uma grande diversidade de produtos", a pontuação dada pelo *cluster*-alvo foi ligeiramente abaixo da anterior V14. Assim sendo, um bom compromisso será adequar a oferta do robô aos requisitos específicos da praia onde atua. Tais requisitos podem ser recolhidos através de novos inquéritos efetuados aos turistas e excursionistas dessa praia específica, de históricos de faturação de um robô próximo, ou de sugestões colocadas por banhistas com recurso ao *site*. Deste modo, aumenta-se o escoamento de produtos, volume de vendas e consequentemente as receitas, uma vez que se reduz o número de pessoas que não compram por não encontrarem o seu produto de eleição, se aumenta o número de pessoas que voltam mais tarde a utilizar o Fesquinho por contarem encontrar novamente os seus produtos de eleição, e se consegue uma maior eficiência logística, com menos produtos e menos fornecedores requisitados em cada praia, reduzindo assim custos.

A variável "V8 – O robô tem alternativas de alimentação saudável", com pontuações atribuídas pelas "Adeptas *green*" ligeiramente superiores às atribuídas a V7, segue a mesma lógica que a antecessora, sendo apenas necessário assegurar que exista pelo menos uma opção saudável no robô, incutindo assim melhores práticas alimentares à população. Com isto pretende-se criar a imagem de um robô Fesquinho preocupado com a saúde das pessoas.

Sobre a variável "V2 – O robô circula na proximidade dos banhistas", verifica-se que o segmento-alvo a aprecia de forma equiparável à V8 e que é a primeira variável a obter média superior a 3,5 em todos os *clusters*. Contudo, esta variável está de certa maneira ligada à variável V11, pelo que se interpreta que o que é verdadeiramente valorado pela população em geral é a proximidade do robô e não a circulação ou movimento em si. Por esta razão e porque para circular próximo dos banhistas o Fesquinho necessitaria de extensos e complexos sistemas de redundância sensorial, assim como uma enorme capacidade computacional, com igualmente altas necessidades de consumo energético, para garantir o bom funcionamento e a segurança das pessoas circundantes, se identificou como prioritário, neste ponto, o investimento no estudo de percursos tão próximos da maior densidade de potenciais clientes quanto possível, desde que respeitem uma certa distância de segurança.

Resultante das médias obtidas pela variável "V6 – A compra no robô é feita com rapidez", em que todos os *clusters*, exceto o *cluster* 2, convergem na atribuição de pontuações que rondam os 4,5 na escala de importância, sugere-se que se crie uma parceria com uma empresa de MVA, de preferência com máquinas de grande eficiência energética, como a empresa Royal Vendors já analisada, para diminuir o tempo de espera em filas e diminuir o tempo de interação entre homem e robô[24].

[24] Este intervalo compreende o tempo desde que o cliente inicia a escolha do seu produto até que paga e levanta o produto comprado.

Se existirem constantes filas de espera, uma hipótese poderá ser colocar um robô adicional em serviço nessa área ou diminuir o tempo de interação. Para diminuir o tempo de interação, pode-se limitar o método de pagamento a cartões de crédito e débito, evitando perdas de tempo em recuperação de troco, pode-se aumentar o tamanho do menu, contrariamente ao aconselhado na variável V9 sobre a visibilidade do menu[25], possibilitando que o utilizador escolha os produtos que quer comprar antes de estar a interagir com o robô, pode-se estudar a ergonomia de todo o processo de compra no Fesquinho, com o objetivo de minimizar o esforço, e consequentemente tempo, do utilizador a interagir com o robô, colocando menu, preçário, painel de seleção, painel de pagamento, e caixa dispensadora tão próximas quanto possível, ou pode-se investir num mecanismo de seleção ou de dispensa de produtos mais rápido, por exemplo[26].

Na base do top 3 das variáveis de maior importância está a "V3 – O robô usa energia do vento e do sol", tanto do *cluster*-alvo como da população em geral. Por conseguinte, e por estar intimamente ligada à variável que melhor pontuou em termos de importância, "V4 – O robô mantém os produtos frescos e refrigerados", é uma das áreas onde será dada maior foco. Assim, continuando a aposta nas energias "verdes", considera-se da máxima importância, ainda que dispendioso, manter todas as tecnologias de topo na produção de energia FV, já identificadas anteriormente, para captar energia em quantidade suficiente e alimentar as necessidades energéticas do sistema, e manter um sistema de baixo custo de captação de energia eólica para melhor deixar perceber a utilização de energias renováveis ao público porque, mesmo captando apenas energia residual, é mais visível e é mais eficaz a transmitir a imagem de um robô amigo do ambiente. Da máxima importância é também a aposta nas tecnologias de topo de armazenamento de energia, vulgas baterias, dando especial atenção ao rácio quantidade de energia por peso.

No longo prazo, poder-se-á estudar alternativamente a possibilidade de cobrir todo o exterior do Fesquinho com painéis FV, dispensando a utilização de tecnologia eólica, e dever-se-á garantir sempre a aplicação das tecnologias mais avançadas na captação de recursos renováveis em relação às solares, a menos que as eólicas sofram algum tipo de inovação disruptiva e que passem a ser capazes de captar uma quantidade significativamente maior de energia. Este investimento serve para, no futuro, o Fesquinho poder ter maiores consumos e alimentar um compartimento congelador para gelados – categoria de produtos que demonstrou ser de grande interesse na secção 5.3.2.

No curto prazo, deve-se fazer uma análise custo-benefício face à possível utilização de seguidores solares biaxiais, estudando os benefícios em termos energéticos. Imperativamente deve também ser feita uma análise técnica à estrutura de suporte ao painel FV, que com seguidores solares biaxiais têm geralmente apenas uma coluna de suporte ao invés das duas do presente sistema de um eixo, para apreciar a vulnerabilidade da mesma a ventos fortes ou outros ataques naturais.

Em segundo lugar aparece a variável "V5 – O robô é fácil de utilizar" que pode beneficiar igualmente das medidas aplicadas à variável V6, já que a rapidez do processo de compra tem de estar correlacionada com a facilidade e simplicidade do mesmo. No entanto, deve-se notar que a facilidade

---

[25] Esta variável e medidas relacionadas têm prioridade sobre as das variáveis V13, V10, V9, V11, V15, V1, V14, V7, V8 ou V2.

[26] Estas sugestões são dadas com o pressuposto de que o tempo de espera na praia em causa é significativo. Obviamente a aplicação destas medidas devem ser estudadas caso a caso.

de utilização é subjetiva e varia de pessoa para pessoa mediante diversas variáveis. Por exemplo, uma criança e um adulto de idade avançada têm sistemas de perceção da facilidade de determinada tarefa bastante distintos. Aqui se identifica aquele que poderá ser o maior obstáculo nesta área de desenvolvimento do Fesquinho, criar não só um sistema fácil mas universalmente fácil de utilizar.

Apesar dos sistemas das MVA serem muito intuitivos, deve-se averiguar se essa é a perspetiva do mercado em cada praia e, caso não seja, deve-se expor instruções claras e visíveis no robô ou mesmo, em casos mais extremos, investir fortemente na promoção de campanhas de divulgação sobre a facilidade de utilização do robô, incluindo obviamente instruções de utilização do mesmo. Finalmente, para a variável "V4 – O robô mantém os produtos frescos e refrigerados" constata-se que, para além de obter a melhor nota em todos os *clusters*, obtém também a notória pontuação de 5,00 nas "Adeptas *green*". Na interpretação deste facto fica clara a necessidade de existir um compartimento refrigerado onde seja possível agregar inclusive produtos frescos e perecíveis. Aliás, as próprias categorias de alimentos desejadas no Fesquinho, investigadas na secção 5.3.6, sugerem o mesmo, com as águas, os gelados, os refrigerantes e as sandes a serem preferidas por uma grande quota da amostra. Dada a importância desta variável e a grande vontade demonstrada pela amostra em comprar gelados no robô, estabelece-se como objetivo primordial no desenvolvimento futuro do Fesquinho conseguir criar e alimentar energeticamente um novo compartimento de refrigeração abaixo dos 0°C, permitindo assim a venda de gelados.

Outra das áreas que está relacionada com esta variável é a capacidade de captação energética, já tratada na V3, visto que para refrigerar é preciso consumir energia e para consumir energia é preciso produzi-la ou pelo menos tê-la. Além disso, na perspetiva do consumidor, é razoável assumir que a existência de um sistema capaz de produzir energia influencia a confiança e consequentemente a decisão de comprar produtos refrigerados no robô.

A última área, que não foi ainda abordada, incide sobre os consumos energéticos, deixando bastante espaço de atuação e devendo ser igualmente alvo de grande investigação e investimento futuros, particularmente na de componente MVA que é a componente que terá de trabalhar ininterruptamente. Neste tema o EERE (2013) identifica os aparelhos causadores do maior consumo energético e sugere diversas áreas de atuação para a melhoria contínua da eficiência de um MVA, que devem ser tidas em conta no desenvolvimento do Fesquinho. Contudo, dada a falta de referência destes investigadores a um material específico, este autor aconselha que seja utilizado aerogel nas paredes do robô (Hrubesh, 1998; Schmidt e Schwertfeger, 1998). Este conselho é justificado não só por se tratar de um material com uma capacidade isolante térmica fora do comum mas também por ser um material elástico e com uma densidade mássica extremamente baixa.

6 Conclusões e Trabalhos Futuros

Nesta dissertação testou-se a hipótese de uma plataforma robótica móvel, com uma MVA refrigerada incorporada, ser tecnicamente viável para distribuir produtos alimentares nas praias. Paralelamente testou-se também o mercado perante esta ideia inovadora de modo a conduzir o desenvolvimento do produto e serviço envolvente. Demonstrou-se então como num processo simples e com uma

metodologia intuitiva se pode integrar o cliente na criação de um novo produto técnico, enquanto a criação é simultaneamente influenciada mas não dominada pela visão do inventor.

6.1 Robótica

Nesta dissertação desenvolveu-se o conceito de uma MVA com compartimentos refrigerados, incorporada num veículo móvel semiautónomo, que atua em modo supervisionado, e é energeticamente autónoma. O processo foi sempre guiado pelo atual estado de arte tecnológico de modo a garantir a praticabilidade do projeto e possibilidade de criação de um modelo real, tendo-se analisado nesta dissertação os métodos e ferramentas que podem concretizar este conceito. Foi aliás com essas ferramentas que se delineou o modo de locomoção, de perceção, de planeamento, de navegação, e de captação e armazenamento energético do robô, fazendo uso de robôs de circulação todo-o-terreno, energeticamente autónomos, prestadores de serviços, transportadores alimentares, ou mesmo de MVA.

Na base da criação deste conceito estão as vastas praias não-concessionadas da costa portuguesa que, ao serem frequentadas por banhistas, podem beneficiar deste processo de distribuição automática de produtos alimentares. O conceito foi por isso desenvolvido entrevistando e inquirindo, não só banhistas, mas também retalhistas de praias concessionadas. O protótipo virtual do RMA, criado no Solidworks, facilitou substancialmente o entendimento das perspetivas de ambas as partes. Este protótipo virtual permitiu a conceção e teste de alguns aspetos da interação homem máquina, como a ergonomia ou intuição do sistema de transação na perspetiva do cliente, e ainda do dimensionamento do robô. Foi também a partir do protótipo que se concebeu um sistema locomotor de dois motores centrais – posteriormente dimensionados e adaptados ao RMA através de correias e redutoras – e tração diferencial e integral às quatro rodas, permitindo que a partir de todas as posições o veículo se possa orientar para qualquer direção sem ter efetivamente de se deslocar. No mesmo protótipo estudou-se igualmente o grau de isolamento, tanto dos produtos alimentares como dos componentes mecatrónicos, desenhando caixas estanques para fazer face ao meio adverso onde o robô opera e tendo simultaneamente em conta a necessidade de acesso às mesmas para operações de manutenção ou reposição de stock.

Do ponto de vista da autonomia energética, o gráfico da Figura 38 resume os resultados da secção 5.2. Tendo por base que o princípio de que toda a energia produzida é gasta, estima-se quanto tempo por dia que o RMA será de facto um veículo móvel e não apenas uma MVA.

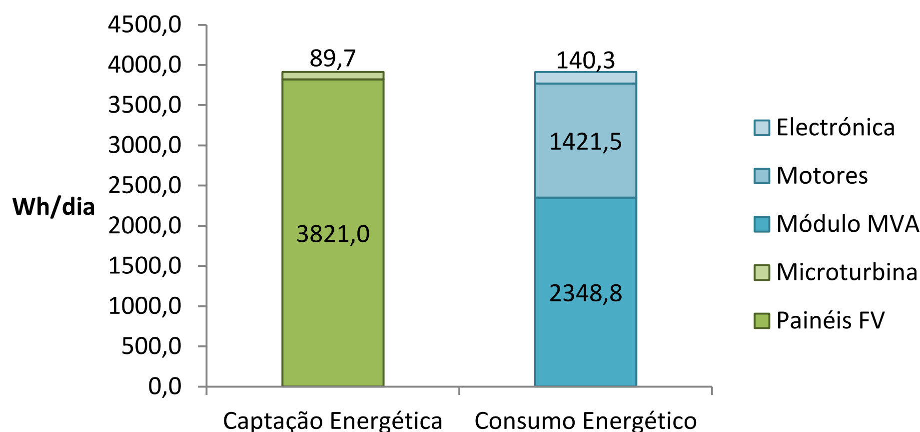


Figura 38 – Gráfico dos ganhos e gastos energéticos

O primeiro aspeto que sobressalta da análise da Figura 38 é o facto da microturbina eólica produzir uns escassos 89,7 Wh diários – 2% de toda a energia produzida – face aos 3821,0 Wh produzidos pelos painéis FV. A produção desta microturbina é tão insignificante que se poderia pôr em causa a necessidade de incorporação da mesma. No entanto, por se querer reforçar a ideia de um robô ecológico, foi decidido manter a microturbina no Fesquinho.

Outro ponto a salientar, diz respeito aos consumos da componente da robótica móvel – motores e eletrónica. Uma vez que a prioridade do sistema é alimentar a componente MVA do Fesquinho, o Fesquinho deverá ficar parado, com todos estes componentes em *standby*, até que as baterias atinjam o nível máximo de carregamento, excetuando nos momentos de entrada e saída da praia. Neste cenário prevê-se então que, dado o excedente energético decorrente da diferença do somatório dos ganhos energéticos – 3910,7 Wh/dia[27] – e os 2348,8 Wh diariamente consumidos pela componente MVA do Fesquinho – cerca de 60% de toda a energia produzida – o robô só possa utilizar os seus motores e componentes eletrónicos, responsáveis pela sua mobilidade autónoma, durante cerca de 57 minutos ao longo de cada dia[28]. Assim, os motores e as componentes eletrónicas serão responsáveis por cerca de 36% e 4% do total da energia consumida, respetivamente.

Este estudo ajuda a projetar os passos a tomar aquando da prospeção da viabilidade para uma determinada praia e para um determinado período, devendo os dados ser recolhidos especificamente para cada caso. Salienta-se que foram encontrados neste estudo zonas onde, em setembro, a captação energética não permitia alimentar os componentes da MVA do Fesquinho. Exemplo disto foram as zonas do Porto, Aveiro e Viana do Castelo. Dado que ao longo do mês de setembro os níveis de radiação vão diminuindo consistentemente, seria aconselhável repensar os períodos de operação do robô nestas praias, explorando talvez o mês de maio que tem níveis de radiação solar – donde vem a maior parte da energia neste projeto – muito superiores aos de setembro, ou mesmo

---

[27] Somando os 3821,0 Wh/dia de energia produzida pelos painéis FV e os 89,7 Wh/dia produzidos pela microturbina.

[28] Já que o excedente energético atinge os 1561,9 Wh/dia e a potência combinada dos motores – 1497,5 W – e dos componentes eletrónicos – 147,8 W – totalizam os 1645,3 W (numa estimativa conservadora, considerando que os componentes eletrónicos funcionam sempre à potência máxima e os motores puxam a carga máxima na maior inclinação permitida), divide-se então os 1561,9 Wh/dia por 1645,3 e multiplica-se o resultado por 60 para obter os minutos por dia em que a componente RMA do Fesquinho estará ativa.

aumentar a área dos painéis solares FV, fazendo especial atenção à resistência ao vento dos mesmos que podem comprometer a estabilidade dinâmica do Fesquinho.

Por último, a capacidade de armazenamento – 7,576 kWh – determinada para as baterias deverá fazer face a qualquer imprevisto por um período de 48h. Neste desenho as baterias pesam cerca de 19 kg – 5% da tara do RMA – e ocupam 0,0098 m^3 de espaço – 9% do espaço total da caixa estanque onde estão os componentes mecatrónicos albergados. Estes números evidenciam o equilíbrio do Fesquinho e são compatíveis com todas as especificações iniciais do robô.

6.2 Marketing

A inclusão do potencial cliente no desenho e desenvolvimento de um novo conceito é efetuada através de uma investigação primária que teve o intuito de fornecer dados sobre a preferência dos consumidores relativamente às suas escolhas alimentares na praia e sobre diversas outras temáticas ligadas ao desenvolvimento do robô e seu serviço associado.

Foram feitas um total de 13 entrevistas semiestruturadas a banhistas e outras 6 a gerentes de estabelecimentos de praia, tendo ainda sido observados 5 VA. A partir da informação recolhida por esta via complementada com a informação derivada da investigação secundária, elaborou-se um questionário distribuído *online,* que permitiu recolher 712 respostas.

Na análise dos inquéritos importa destacar que os resultados daqui provenientes estão influenciados por uma forte representação de uma população estudante (60%), mais jovem, com idades compreendidas entre os 15 e os 24 anos, que vive na região de Lisboa e Vale do Tejo (82%), que tem pelo menos o Ensino Secundário completo (94%), e que não se faz acompanhar de nenhuma criança nas suas visitas à praia (62%). Estas características representam uma limitação desta investigação. Nesta amostra, as praias mais frequentadas são as das regiões de Lisboa e Vale do Tejo e do Algarve – 38% e 36%, respetivamente – o tipo de retalhista preferido para as suas compras são os estabelecimentos de praia (56%), o tempo anual passado na praia é superior a 1 mês (55%), sendo que neste período o gasto diário tende a ser superior a 2€ – 70% dos respondentes.

O horário preferencial indicado pelos inquiridos desta amostra para compras na praia mostrou também que o robô terá duas horas no início de cada dia com uma utilização residual, pelo que lhe será fácil reestabelecer os níveis de carga das baterias depois da noite, através dos módulos FV que captarão a energia solar. Por outro lado, a também residual preferência de compra em horários noturnos permitirão que o robô mantenha os compartimentos refrigerados sem necessidade de maiores consumos energéticos, num período em que não existe fonte de energia para o principal captador do Fesquinho.

Também nesta dissertação ficou explícita a falta de disponibilidade dos inquiridos para pagar mais pelos produtos oferecidos pelo Fesquinho do que nos estabelecimentos de praia ou nos VA – 81% e 77% dos respondentes não estariam dispostos a pagar mais pelos mesmos produtos.

Em relação à opinião da amostra ao conceito Fesquinho, houve de modo geral uma grande aceitação do projeto, com 93% da amostra a admitir experimentar comprar produtos alimentares no Fesquinho. Quanto à opinião do banhista relativamente aos atributos do robô realça-se o facto de todos apresentarem um valor médio superior a 3,5 – num máximo de a 5. Nesses atributos, cabe ainda destacar a elevada importância de um atributo em particular que se destaca de todos os outros, “V4)

o robô mantém os produtos frescos e refrigerados" ao ter sido pontuado com a nota máxima de 5 por 92% da amostra.

Na seleção do sortido de produtos alimentares do Fesquinho, gerou-se uma lista de produtos, não só segundo a preferência da amostra em cada um deles mas também segundo as preferências em cada categoria, tendo como objetivo obter um sortido final diversificado e com opções saudáveis. Daqui resultaram 9 produtos de 7 categorias diferentes em que dois terços da oferta podem ser catalogados como opções saudáveis. Sublinha-se ainda a alta procura que as águas obtiveram – com 62% da amostra a mencioná-la como uma das categorias alimentares que mais gostaria de ver constar na oferta do Fesquinho – pelo que esse facto deverá ser tido em conta na manutenção do *stock* do robô.

Para segmentar o mercado com uma análise de *clusters* sobre os atributos do conceito Fesquinho, realizou-se uma análise fatorial, com a finalidade de reduzir a quantidade inicial de variáveis e identificar quais as principais dimensões. A partir das 14 variáveis iniciais obtiveram-se 7 fatores ou componentes, a que se deu o nome de "Conveniência", "Menu", "Automatização", "Interação Distante", "Estética e Proximidade", "Sustentabilidade" e "Aviso Sonoro".

Por último realizou-se a análise de *clusters*, com vista a agrupar os respondentes segundo a variação da avaliação destes fatores. Foi aplicado o método de Ward com a medida Euclidiana quadrática e escolhida a solução de 5 *clusters* como a mais adequada, conforme a análise do dendrograma e o cálculo do índice VRC demonstraram. Esta análise constitui uma importante ferramenta para se perceber quais os aspetos que devem ser focados no desenvolvimento posterior do Fesquinho.

O tema da escolha do segmento alvo, que deverá direcionar o futuro desenvolvimento do conceito Fesquinho, foi também adereçado. Por ser o *cluster* que melhor classificou todos os atributos do conceito Fesquinho, apresentando três máximos nas médias dos *factor scores*, no fator "Menu", no "Sustentabilidade" e "Aviso Sonoro", e um valor muito próximo do máximo no fator "Interação Distante", o robô deve ser concebido e o seu sortido selecionado atendendo primeiramente às características e necessidades do *cluster* 3, as "Adeptas *green*" – este é também o maior *cluster* da amostra.

No final mostrou-se como integrar *marketing research* com o desenvolvimento futuro do Fesquinho, admitindo que o segmento-alvo seria o *cluster* 3. Analisaram-se as variáveis originais, os atributos do Fesquinho, e compararam-se os respetivos valores médios obtidos para cada *cluster*. A partir destes dados e dando especial atenção às classificações das "adeptas *green*" sugeriram-se desenvolvimentos concretos. Um exemplo da aplicação desta metodologia é encontrado na "V3 – O robô usa energia do vento e do sol". Esta variável apresenta a sua média máxima no *cluster* 3, significando que as "adeptas *green*" são o grupo que mais valoriza a existência de energias renováveis. À luz destes factos sugeriram-se vários investimentos, como por exemplo a cobertura total do Fesquinho com módulos FV ou a utilização de seguidores solares biaxiais, e justificaram-se outros tantos já contemplados, como por exemplo a utilização de tecnologias de topo quando justificadas pela sua performance energética ou a manutenção da microturbina eólica mesmo em situações em que a energia captada por este aparelho possa ser diminuta.

Tendo em vista trabalhos futuros, e uma vez que este protótipo virtual foi desenvolvido sem preocupações do ponto de vista económico-financeiro, esta vertente deverá ser posteriormente analisada. Outra área para futuro desenvolvimento será estudar aplicações alternativas para este conceito, nomeadamente a) a sua utilização em localizações fora de praias, como festivais ou outro tipo de feiras e eventos onde se aglomerem um número significativo de potenciais consumidores, b) o interesse das marcas em utilizá-lo na promoção dos seus produtos, c) a venda de produtos com maior valor acrescentado, como por exemplo protetores solares, d) a venda direta de robôs a municípios que tenham um número considerável de praias não-concessionadas e que queiram atrair turismo para a região, oferecendo uma experiência diferente e com benefícios diretos no apoio ao banhista e e) a sua utilização fora de Portugal.

Na componente robótica, e para além dos eventuais desenvolvimentos na plataforma provenientes do estudo de marketing, devem ainda ser selecionados os materiais das estruturas não especificadas no presente documento e testada a resistência das mesmas, particularmente do chassis. Os controladores devem igualmente ser desenvolvidos e o seu comportamento testado em simulações de realidade virtual. Os aspetos de localização e navegação do RMA deverão também ser aprofundados usando técnicas de SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) através de sensores de visão e profundidade que permitam a construção do mapa em tempo real, aumentando assim a flexibilidade do robô na adaptação a novos ambientes (Endres et al., 2012).

Finalmente deve-se, não só produzir um primeiro protótipo físico para ser testado progressivamente em ambiente controlado e real, mas também fazer o estudo de mercado utilizando uma amostra representativa, e usando técnicas avançadas de estatística multivariada, como por exemplo *conjoint analysis*, para a determinação da importância relativa dos atributos do conceito Fesquinho.

7 Referências

Ampair. (2010). Ampair 100 operation installation & maintenance manual. Acedido a 20 de setembro de 2013 a partir de http://www.ampair.com/sites/all/files/product/resources/CD%202200%20Ampair%20100%20(Mk2,%20Pacific,%20Hawk)%20manual%20(rev%201.3,%2015%20Oct%202012).pdf

Ampair. (2013). Ampair 100 data sheet. Acedido em 19 de setembro de 2013 a partir de http://www.ampair.com/sites/all/files/product/resources/Ampair%20100%20Data%20Sheet.pdf.

Anupindi, R., Dada, M., & Gupta, S. (1998). Estimation of consumer demand with stock-out based substitution: An application to vending machine products. *Marketing Science*, *17*(4), 406-423.

Applebaum, W. (1951). Studying customer behavior in retail stores. *The Journal of Marketing*, *16*(2), 172-178.

Bakker, T., van Asselt, K., Bontsema, J., Müller, J., & van Straten, G. (2011). Autonomous navigation using a robot platform in a sugar beet field. *Biosystems Engineering*, *109*(4), 357-368.

Barlow, C., Lewis, D., Bell, J., Irps, T., Prior, S. D., Erbil, M. A., & Karamanoglu, M. (2010). Developing a low-cost beer dispensing robotic system for the service industry. *International Conference on CAD/CAM, Robotics and Factories of the Future Pretoria*. Acedido em 18 de setembro de 2013 a partir de https://eprints.mdx.ac.uk/5732/1/Prior-developing_a_low_cost_beer_dispensing_system_FOF_2010.pdf.

Barrena, R., & Sánchez, M. (2010). The link between household structure and the level of abstraction in the purchase decision process: an analysis using a functional food. *Agribusiness*, *26*(2), 243-264.

Bayne, C. K., Beauchamp, J. J., Begovich, C. L., & Kane, V. E. (1980). Monte Carlo comparisons of selected clustering procedures. *Pattern Recognition*,*12*(2), 51-62.

Bihelerová, J. (2010). *Market Entry Strategy for Ledon Lamp* (Dissertação de mestrado). University of Economics in Prague.

Bishop, R. H. (2010). *Mechatronics: an introduction*. CRC Press.

Bonilla, T. (2010). *Analysis of Consumer Preferences Toward 100% Fruit Juice Packages and Labels* (Dissertação de mestrado). Universidad de Costa Rica.

Brandão, H. P., & Bahry, C. P. (2005). Gestão por competências: métodos e técnicas para mapeamento de competências. *Revista do Serviço Público*, *56*(2), 179-194.

Brijs, T., Swinnen, G., Vanhoof, K., & Wets, G. (1999, agosto). Using association rules for product assortment decisions: A case study. *Proceedings of the fifth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, 254-260.

Brijs, T. (2002). *Retail market basket analysis: a quantitative modelling approach* (Dissertação de doutoramento). Limburg University Center.

Burns, R. P., & Burns, R. (2008). *Business research methods and statistics using SPSS*. Sage.

Cachon, G. P., & Kök, A. G. (2007). Category management and coordination in retail assortment planning in the presence of basket shopping consumers. *Management Science*, *53*(6), 934-951.

Caçador, F. (2010). TI são peça crucial para o turismo nacional. *Semana Informática, 962*, 9-12.

Caliński, T., & Harabasz, J. (1974). A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics-theory and Methods*, *3*(1), 1-27.

Campos, M. A., & Forster, A. C. (2008). Percepção e avaliação dos alunos do curso de Medicina de uma escola médica. *Revista Brasileira de Educação Médica*, *32*(1), 83-89.

Carreira, F., & Canas, T. (2005). i-Merc–milestone 6 report. *Center for Innovation, Technology and Policy Research-Instituto Superior Técnico, Lisboa*.

Carreira, F. (2007). *Concepção de Robôs Móveis Aplicados aos Serviços de Saúde* (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

Castro, R. M. (2007). Introdução à energia fotovoltaica. *DEEC/Secção de Energia, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa*. Acedido em 23 de setembro de 2013 a partir de https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/171209/1/Fotovoltaico_ed2p2.pdf.

Cattel, R. B. (1966). The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research 1* (April), 245–276.

CEEETA. (2001). Micro-Turbinas Eólicas. *Tecnologias de Micro-Geração e Sistemas Periféricos.* Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional. Acedido a 20 de setembro de 2013 a partir de http://www.energiasrenovaveis.com/images/upload/MicroEolicas.pdf.

Center, J. L., & Stalder, J. W. (1997). Co-dispensing snack food products and beverages from a vending machine. *U.S. Patent No. 5,613,620*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Cooper, C. W. (2009). Mobile solar array. *U.S. Patent No. D584,223*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Costa, A. D. A. (2003). *New insights into consumer-oriented food product design* (Dissertação de doutoramento). Wageningen University.

Costello, A. B. (2009). Getting the most from your analysis. *Pan*, *12*(2), 131-146.

Decker, R., Scholz, S. W., & Wagner, R. (2006). Growing clustering algorithms in market segmentation: defining target groups and related marketing communication. *Data Analysis, Classification and the Forward Search*, 23-30. Springer Berlin Heidelberg.

Del Campo, C., Monteiro, C. M., & Soares, J. O. (2008). The European regional policy and the socio-economic diversity of European regions: A multivariate analysis. *European Journal of Operational Research*, *187*(2), 600-612.

Dolnicar, S. (2002). A review of data-driven market segmentation in tourism. *Journal of Travel & Tourism Marketing, 12*(1), 1-22.

Dolnicar, S. (2003). Using cluster analysis for market segmentation-typical misconceptions, established methodological weaknesses and some recommendations for improvement. *Australasian Journal of Market Research, 11*(2), 5-12.

EERE. (2013). Market and technology assessment. *Beverage vending machines: final rule and technical support document*. U.S. department of energy, energy efficiency & renewable energy. Acedido em 17 de setembro de 2013 a partir de http://www1.eere.energy.gov/buildings/appliance _standards/commercial/pdfs/bvm_final_fr_tsd_chapter_3.pdf.

Endres, F., Hess, J., Engelhard, N., Sturm, J., Cremers, D., & Burgard, W. (2012, May). An evaluation of the RGB-D SLAM system. 2012 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 1691-1696.

Energy STAR. (2012). New refrigerated beverage vending machine product list. Acedido em 21 de agosto de 2012 a partir de http://downloads.energystar.gov/bi/qplist/New_Vending_Machines_Product_List.pdf?69bd-bba3.

Envia Systems. (2013a). Highest energy density. Acedido a 21 de setembro de 2013 a partir de http://enviasystems.com/technology/.

Envia Systems. (2013b). Envia Systems prototype cell test: GDD GXS 12-005. Acedido a 21 de setembro de 2013 a partir de http://enviasystems.com/announcement/.

Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. Sage publications. Acedido em 5 de agosto de 2013 a partir de http://www.statisticshell.com/docs/factor.pdf.

Fileman, S., & Fileman, S. (2001). Solar-powered, mobile vending apparatus. *U.S. Patent No. 6,263,674*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Formann, A. K. (1985). Constrained latent class models: Theory and applications. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, *38*(1), 87-111.

Freitas, M. C., Andrade, C., & Cruces, A. (2002). The geological record of environmental changes in southwestern Portuguese coastal lagoons since the Lateglacial. *Quaternary International 93–94*(0), 161-170.

French, S. A., Jeffery, R. W., Story, M., Hannan, P., & Snyder, M. P. (1997). A pricing strategy to promote low-fat snack choices through vending machines. *American Journal of Public Health*, *87*(5), 849-851.

French, S. A., Jeffery, R. W., Story, M., Breitlow, K. K., Baxter, J. S., Hannan, P., & Snyder, M. P. (2001). Pricing and promotion effects on low-fat vending snack purchases: the CHIPS Study. *American Journal of Public Health*, *91*(1), 112-117.

Friedman, H. H., & Amoo, T. (1999). Rating the rating scales. *Journal of Marketing Management*, *9*(3), 114-123.

Gage, D. W. (1995). UGV history 101: A brief history of Unmanned Ground Vehicle (UGV) development efforts. *Unmanned Systems Magazine, 13*(3), 9-16.

Gan-Mor, S., Clark, R. L., & Upchurch, B. L. (2007). Implement lateral position accuracy under RTK-GPS tractor guidance. *Computers and Electronics in Agriculture*, *59*(1), 31-38.

Garcia, A., Torres, J. L., Prieto, E., & De Francisco, A. (1998). Fitting wind speed distributions: A case study. *Solar Energy*, *62*(2), 139-144.

Gaskin, J., (2012). Exploratory Factor Analysis. *Gaskination's Statwiki*. Acedido em 8 de agosto de 2013 a partir de http://statwiki.kolobkreations.com.

Gates. (2013). Belt drive efficiencies. *GatesFacts™ technical information library*. Acedido a 20 de setembro de 2013 a partir de http://www.gates.com/facts/documents/Gf000188.pdf.

Glidden, S. C., & Alker, G. G. (1999). Portable solar power system. *U.S. Patent No. 5,969,501*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Grove Gear. (2013). Helical-inline aluminum (P series). Acedido a 20 de setembro de 2013 a partir de http://www.grovegear.com/products/high-efficiency-gear-reducers/p/.

Gruber, S., Buber, R., Ruso, B., & Gadner, J. (2005). The commodity vending machine. *Forum Ware International 2*, 32-42.

Guard, T. M. (2008). Mobile vending. *U.S. Patent No. 7,364,050*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Hair Jr, J. F., Anderson, R. E., Babin, B. J., & Black, W. C. (2010). *Multivariate data analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Hall, D. M. (2000). Refrigerated vending machine. *U.S. Patent No. 6,131,399*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Hardy, A. (1996). On the number of clusters. *Computational Statistics & Data Analysis*, *23*(1), 83-96.

Hart, C. (1999). The retail accordion and assortment strategies: an exploratory study. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, *9*(2), 111-126.

Hill, M. M., & Hill, A. (1998). Investigação empírica em ciências sociais: Um guia introdutório. *ISCTE*. Acedido em 18 de setembro de 2013 a partir de http://repositorio-iul.iscte.pt/bitstream/10071/468/4/DINAMIA_WP_1998-10.pdf.

Hixson, M. M., & Creswell, R. P. (2011). Mobile vending trailer. *U.S. Patent No. D633,010*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Hixson, M. M., & Creswell Jr, R. P. (2012). Mobile vending trailer. *U.S. Patent No. D653,995*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Horne, A. H., Henderson, R. J., & Anderson, D. C. (1992). Inventory, cash, security, and maintenance control apparatus and method for a plurality of remote vending machines. *U.S. Patent No. 5,091,713*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Horowitz, N. (1998). A Roadmap for Simultaneously Developing the Supply and Demand for Energy Efficiency Beverage Vending Machines. *American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE)*. Acedido em 23 de setembro de 2013 a partir de http://www.seattle.gov/light/conserve/business/vm_ACEEE.pdf.

Hoven, M. V. (2011). *Fresh on-the-go snacks, a market orientated research*. LAP Lambert Academic Publishing.

How much does a 12 ounce can of soda weigh?: Answer. (2012). Answers Corporation website. Acedido em 27 de agosto de 2012 a partir de http://wiki.answers.com/Q/How_much_does_a_12_ounce_can_of_soda_weigh.

How much does a can of regular soda weigh?: Best answer. (2005). Yahoo Answers website. Acedido em 27 de agosto de 2012 a partir de http://answers.yahoo.com/question/index?qid=20070105065722AA3G4Mx.

Jain, A. K., Murty, M. N., & Flynn, P. J. (1999). Data clustering: a review. *ACM computing surveys*, *31*(3), 264-323.

Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, *39*(1), 31-36.

Kaiser, H. F., & Rice, J. (1974). Little Jiffy, Mark IV. *Educational and psychological measurement*.

Kim, C. H., & Kim, B. K. (2005, abril). Energy-saving 3-step velocity control algorithm for battery-powered wheeled mobile robots. *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation 2005. ICRA 2005*, 2375-2380.

Krafft, M., & Mantrala, M. K. (2010). *Retailing in the 21st century: current and future trends*. Springer. Acedido em 18 de setembro de 2013 a partir de http://www.researchgate.net/publication /225985012_Trends_in_Retailing_in_East_Asia/file/50463515c97a6cb49f.pdf.

Krishnamurthy, B., & Evans, J. (1992, outubro). HelpMate: A robotic courier for hospital use. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 1630-1634.

Kochackis, D. G. (1983). Vending machine security cage. *U.S. Patent No. 4,418,551*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Kuo, R. J., Ho, L. M., & Hu, C. M. (2002). Cluster analysis in industrial market segmentation through artificial neural network. *Computers & Industrial Engineering, 42*(2), 391-399.

Kök, A. G., & Fisher, M. L. (2007). Demand estimation and assortment optimization under substitution: Methodology and application. *Operations Research*, *55*(6), 1001-1021.

Kök, A. G., Fisher, M. L., & Vaidyanathan, R. (2009). Assortment planning: Review of literature and industry practice. *Retail Supply Chain Management*, 99-153. Springer US.

Lee, M. K., Forlizzi, J., Rybski, P. E., Crabbe, F., Chung, W., Finkle, J., & Kiesler, S. (2009, março). The snackbot: documenting the design of a robot for long-term human-robot interaction. *2009 4th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, 7-14. Acedido em 18 de setembro de 2013 a partir de http://snackbot.org/materials/Snackbot_hri2009.pdf.

LEESON. (2013). High efficiency gear reducers. Acedido a 20 de setembro de 2013 a partir de http://www.leeson.com/Literature/catalogs/8050/HighEfficiencyIntro.pdf.

Lehman, E., & Smith, M. J. (1991). Robot newspaper vending machine. *U.S. Patent No. D314,401*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Lei n.º 44/2004. (2004). Define o regime jurídico da assistência nos locais destinados a banhistas. Diário da República n.º 195, Série I-A de 2004-08-19. Acedido a 29 de agosto de 2013 a partir de http://www.dre.pt/cgi/dr1s.exe?t=dr&cap=1-1200&doc=20042796%20&v02=&v01=2&v03=1900-01-01&v04=3000-12-21&v05=&v06=&v07=&v08=&v09=&v10=&v11=Lei&v12=&v13=&v14=&v15 =&sort=0&submit=Pesquisar.

Lever, J. H., & Ray, L. E. (2008). Revised solar-power budget for Cool Robot polar science campaigns. *Cold Regions Science and Technology*, *52*(2), 177-190.

Lin, F. C., Yu, H. W., Hsu, C. H., & Weng, T. C. (2011). Recommendation system for localized products in vending machines. *Expert Systems with Applications*, *38*(8), 9129-9138.

Maddah, B. (2005). *Pricing, variety, and inventory decisions in retail operations management* (Dissertação de doutoramento). Virginia Polytechnic Institute and State University.

Malhotra, N. K. (2006). Questionnaire design and scale development. *The Handbook of Marketing Research Uses Misuses and Future Advances*, 83-94. Acedido em 18 de setembro de 2013 a partir de http://www.terry.uga.edu/~rgrover/chapter_5.pdf.

Marksman Industrial LTD. (2012). B49 - 17x1250 Li. Acedido a 20 de setembro de 2013 a partir de http://shop.marksman-ind.com/b49---17x1250-li-743-p.asp.

Marktest. (2003) Classes sociais Marktest. Grupo Marktest website. Acedido em 9 de agosto de 2012 a partir de http://www.marktest.com/wap/a/glossary/key~ClasseSoc/define~1.aspx.

Mei, Y., Lu, Y. H., Hu, Y. C., & Lee, C. G. (2005, julho). A case study of mobile robot's energy consumption and conservation techniques. *Proceedings of the 12th International Conference on,Advanced Robotics, 2005. ICAR'05.* 492-497.

Miller, R. K., & Washington, K. D. (2003). *The 2003 Retail Business Market Research Handbook*. RK Miller & Associates.

Milligan, G. W., & Cooper, M. C. (1985). An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. *Psychometrika*, *50*(2), 159-179.

Milligan, G. W., & Cooper, M. C. (1987). Methodology review: Clustering methods. *Applied Psychological Measurement*, *11*(4), 329-354.

Mitchener, J., & Futurologist, B. (2009). Robot Futures–from Sci-Fi and stereotypes to tomorrow's reality. *Journal of the Institute of Telecommunications Professionals, 3*, 15-19.

Miyamoto, Y., Kubo, M., Itoh, S., & Murakami, K. (2003). Algorithms for the item assortment problem: An application to vending machine products. *Japan journal of industrial and applied mathematics*, *20*(1), 87-100.

Molefe, M. M. (2006). *Consumer Motivations in Forecourt Convenience Retailing in South Africa* (Dissertação de doutoramento). GIBS.

Mooi, E. A., & Sarstedt, M. (2011a). Cluster Analysis. *A concise guide to market research: The process, data, and methods using IBM SPSS statistics*. Springer. Acedido em 7 de agosto de 2013 a partir de http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument /9783642125409-c1.pdf?SGWID=0-0-45-1056250-p173994159.

Mooi, E. A., & Sarstedt, M. (2011b). Application of Variance Ratio Criterion (VRC) by Calinski and Harabasz (1974). *A concise guide to market research: The process, data, and methods using IBM SPSS statistics*. Springer. Acedido em 7 de agosto de 2013 a partir de http://www.guide-market-research.com/L3UXRpWEecff/attachments/024_Variance%20Ratio%20Criterion.pdf.

Morales, J., Martinez, J. L., Mandow, A., Garcia-Cerezo, A. J., Gómez-Gabriel, J. M., & Pedraza, S. (2006, julho). Power analysis for a skid-steered tracked mobile robot. *2006 IEEE International Conference on Mechatronics,* 420-425.

Moravec, H. P. (1999). *Mere Machine to Transcendent Mind*. Oxford University Press.

Murphy, R. (2000). *Introduction to AI robotics*, The MIT Press.

Norusis, M. J. (1990). *SPSS/PC+ statistics 4.0 for the IBM PC/XT/AT and PS/2*. SPSS Statistical Data Analysis.

Norusis*, M. J. (2009). PASW Statistics 18 statistical procedures companion.* Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. Acedido em 30 de julho de 2013 a partir de http://www.norusis.com/pdf /SPC_v13.pdf.

Ohio Electric Motors. (2012). 56 frame motor specification sheet. Acedido em 28 de agosto de 2012 a partir de http://www.ohioelectricmotors.com/wp-content/uploads/2010/10/Ohio-Electric-Motors-56_frame.pdf.

Oliveira, M. M. (2008). *Análise do desempenho de um gerador fotovoltaico com seguidor solar azimutal* (Dissertação de doutoramento). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Acedido em 2 de junho de 2012 a partir de ftp://ftp.solar.ufrgs.br/teses/oliveira.pdf.

Olivier, S. H. (2008). *The impact of the development of convenience shopping centres on the patronage of regional shopping centres* (Dissertação de mestrado). University of Johannesburg.

Oraman, Y., & Unakitan, G. (2010). Analysis of factors influencing organic fruit and vegetable purchasing in Istanbul, Turkey. *Ecology of food and nutrition*, *49*(6), 452-466.

Patil, M., Biswas, R., Kajla, M., Govindbhai, M. R., Shivendu, P. K., Kumar, S. & Mandal, S. (2011). *Differentiation in consumer mind about National v/s Foreign Brand*. Indian Institute of Management Kozhikode. Acedido em 18 de setembro de 2013 a partir de http://pt.scribd.com/doc/82535296 /Market-Research-Project-Report-Footwear-Industry-Differentiation.

Pereira, M. C. (1998, novembro). Energias Renováveis, a opção inadiável. *Sociedade Portuguesa de Energia Solar (SPES), Lisboa.*

Piper, J., Everitt, S., Faulkner, I., Rickwood, E., & Rickwood, I. (2004). Mobile vending unit. *European Patent No. EP 1491397*. Munich, Germany: European Patent Office.

Poulek, V., & Libra, M. (1998). New bifacial solar tracker and tracking concentrators. *Solar energy materials and solar cells, 51*(2), 113-120.

PVGIS. (2013). Monthly global irradiation data. *European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability*. Acedido a 21 de setembro de 2013 a partir de http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#.

Rademacher, D. G. (1995). Card or cash actuated vending machine assembly. *U.S. Patent No. 5,450,938*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Ray, L., Price, A., Streeter, A., Denton, D., & Lever, J. H. (2005, abril). The design of a mobile robot for instrument network deployment in antarctica. *2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2111-2116.

Rocha, P. (2000). Estado da Arte da Robótica Móvel em Portugal. *Instituto de Sistemas e Robótica, Coimbra, Portugal.* Acedido em 18 de setembro de 2013 a partir de http://mail.isr.uc.pt/~mrl/admin/upload/37.pdf.

Royal Academy of Engineer. (2012). Wind turbine power calculations. *Npower*. Acedido a 20 de setembro de 2013 a partir de http://www.raeng.org.uk/education/diploma/maths/pdf/exemplars _advanced/23_wind_turbine.pdf.

Sansigolo, C. A. (2005). Distribuições de probabilidade de velocidade e potência do vento. *Revista Brasileira de Meteorologia*, *20*(2), 207-214.

Scheibler, D., & Schneider, W. (1985). Monte Carlo tests of the accuracy of cluster analysis algorithms: A comparison of hierarchical and nonhierarchical methods. *Multivariate Behavioral Research*, *20*(3), 283-304.

Sharma, S., & Kumar, A. (2006). Cluster analysis and factor analysis. Sage (Ed.), *The handbook of marketing research: Uses, misuses, and future advances*, 365-393. Acedido em 30 de julho de 2013 a partir de http://www.terry.uga.edu/~rgrover/chapter_18.pdf.

Sharrard, R. C. (1998). Dispensing security system for a vending machine. *U.S. Patent No. 5,722,526*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R., & Scaramuzza, D. (2011). *Introduction to Autonomous Mobile Robotos*. The MIT press, 2nd edition.

Silva, L. S. E. (2009). *Análise Sedimentológica e Petrológica da Formação Sergi Próximo da Falha de Maragogipe em São Roque do Paraguaçu, Bacia do Recôncavo* (Dissertação de bacharelato). Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências. Acedido em 23 de setembro de 2013 a partir de https://www.twiki.ufba.br/twiki/pub/IGeo/GeolMono20092/leidiane_silva_2009.pdf.

Simelane, B. D. (2008). *The acceptability and use of convenience foods by black women employed by government in Mpumalanga* (Dissertação de doutoramento). University of Pretoria.

Snijders, T. A. (1992). Estimation on the basis of snowball samples: How to Weight?. *Bulletin de méthodologie sociologique*, *36*(1), 59-70.

Sorenson, D. J. (2006). *Market-oriented new product development of functional beverages* (Dissertação de doutoramento). National University of Ireland Cork.

Spencer, S. (2004). Grocery retail. *Price Determination in the Australian Food Industry, A report*. Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Canberra, 133-121.

SPSS Inc. (2001). *The SPSS TwoStep cluster component. A scalable component enabling more efficient customer segmentation*. White paper – technical report, Chicago. Acedido em 7 de agosto de 2013 a partir de http://www.spss.ch/upload/1122644952_The%20SPSS%20TwoStep%20Cluster%20Component.pdf

Standard normal z table. (2013). San Jose State University website. Acedido a 20 de setembro de 2013 a partir de http://www.sjsu.edu/faculty/gerstman/EpiInfo/z-table.htm.

Stapp, D. S. (1999). Inventory control and remote monitoring apparatus and method for coin-operable vending machines. *U.S. Patent No. 5,930,771*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Sugar, C. A., & James, G. M. (2003). Finding the number of clusters in a dataset. *Journal of the American Statistical Association*, *98*, 450-463. Acedido em 18 de setembro de 2013 a partir de http://www-bcf.usc.edu/~gareth/research/ratedist.pdf.

Tibshirani, R., Walther, G., & Hastie, T. (2001). Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, *63*(2), 411-423.

Timothy, D. J., & Wall, G. (1997). Selling to tourists: Indonesian street vendors. *Annals of Tourism Research 24*(2), 322-340.

Tire friction and rolling resistance coefficients: Tire-road characteristics. (2012). HPWizard website. Acedido em 27 de agosto de 2012 a partir de: http://hpwizard.com/tire-friction-coefficient.html.

Trautrims, A. (2011). *Management of in-store replenishment systems: an exploratory study of European retailers* (Dissertação de doutoramento). University of Hull.

Truitt, K. F., & Swanson, J. L. (1999). Modular vending machine with a dispensing detection device. *U.S. Patent No. 5,927,539*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Tseng, L. Y. (1997). Rechargeable battery vending apparatus. *U.S. Patent No. 5,631,536*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Tuma, M. N., Scholz, S. W., & Decker, R. (2009). The Application of Cluster Analysis in Marketing Research: A Literature Analysis. *B>Quest University of West Georgia*. Acedido em 18 de setembro de 2013 a partir de http://www.westga.edu/~bquest/2009/cluster09.pdf.

Turismo de Portugal. (2010a). Movimentos Turísticos dos Portugueses – 2010. Acedido em 11 de setembro de 2013 a partir de http://www.turismodeportugal.pt/Portugu%C3%AAs/ProTurismo/estat%C3%ADsticas/an%C3%A1lisesestat%C3%ADsticas/movimentosturisticosdosportugueses/Anexos/O%20Turismo%20Interno%202010.pdf.

Turismo de Portugal. (2010b). O Turismo em 2010. Acedido em 11 de setembro de 2013 a partir de http://www.turismodeportugal.pt/Portugu%C3%AAs/ProTurismo/estat%C3%ADsticas/an%C3%A1lisesestat%C3%ADsticas/oturismoem/Anexos/O%20Turismo%20em%202010.pdf.

Vaidyanathan, R. (2011). *Retail demand management: Forecasting, assortment planning and pricing* (Dissertação de doutoramento). University of Pennsylvania.

Ward Jr, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association*, *58*(301), 236-244.

Warner, R. M. (2008). *Applied statistics: From bivariate through multivariate techniques*. Sage.

Wertenbroch, K., & Skiera, B. (2002). Measuring consumers' willingness to pay at the point of purchase. *Journal of Marketing Research*, 228-241.

Wettergreen, D., Cabrol, N., Teza, J., Tompkins, P., Urmson, C., Verma, V., Wagner, M., & Whittaker, W. (2005a, abril). First experiments in the robotic investigation of life in the atacama desert of chile. *2005 ICRA 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation Proceedings of the 2005*, 873-878.

Wettergreen, D., Cabrol, N., Baskaran, V., Calderón, F., Heys, S., Jonak, D., Lüders, A., Pane, D., Smith, T., Teza, J., Tompkins, P., Villa, D., Williams, C., & Wagner, M. D. (2005b, setembro). Second experiments in the robotic investigation of life in the Atacama desert of Chile. *Proc. 8th International Symposium on Artificial Intelligence, Robotics and Automation in Space*. Munich, Germany. Acedido em 18 de setembro de 2013 a partir de https://www.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/Web/People/trey/papers/wettergreen05_atacama.pdf.

Zheng, T. (2005). *Inventory Management in Convenience Stores in South Africa* (Dissertação de doutoramento), Tshwane University of Technology.

Fesquinho, o robô de praia

Caro Senhor/Senhora,

Este questionário faz parte de um estudo de mercado tratado por mim, André Navarro, com o objectivo de completar a minha Dissertação em Engenharia e Gestão Industrial no Instituto Superior Técnico. Pretende-se com este questionário melhorar as especificações e funcionalidades de um robô, que funcionará como uma máquina de vendas automática e circulará na praia, determinar o leque de produtos alimentares a disponibilizar e obter uma estimativa dos preços que o consumidor estará disposto a pagar por cada produto.

Este robô autónomo, de nome Fesquinho, comporta-se como uma máquina de vendas automática (também conhecida como vending machine), circula na praia perto dos banhistas e alimenta-se de energias renováveis provenientes do sol e do vento, mantendo a qualidade e frescura dos bens alimentares através de um sistema de refrigeração próprio.

IMPORTANTE: A ligação abaixo mostra o desenho da futura máquina e, por isso, peço-lhe que clique na mesma e observe atentamente as imagens. Depois de visualizar todas as imagens, feche a janela para poder continuar o questionário.

https://docs.google.com/presentation/pub?id=1oEmg9apB1ViT_a-6YHYleBxz4aRywrXJB7Lqt4TrUek&start=true&loop=false&delayms=3000 (CLIQUE NESTE LINK para ver o robô)



Tenha em conta que o preenchimento do questionário não deverá demorar mais que 10 minutos, toda a informação será recolhida anonimamente e servirá apenas o propósito desta investigação. Peço-lhe ainda que responda com a máxima sinceridade.
Muito Obrigado!

NOTA: Quando se fala de bens alimentares neste questionário incluem-se comidas e bebidas. Quando se fala de bares de praia incluem-se quaisquer tipos de estabelecimentos que vendam artigos ou bens alimentares na praia, como restaurantes ou cafés de praia. Quando se fala de vendedores ambulantes incluem-se todos os comerciantes que vendem, durante o seu percurso, os bens alimentares que transportam, por si ou por qualquer meio adequado, e que não têm uma localização fixa.
*Obrigatório

Já alguma vez comprou bens alimentares na praia, seja de um vendedor ambulante ou de um bar de praia? *
Se responder "Não", o seu questionário termina aqui

- Sim
- Não

Continuar »

Tecnologia do Google Docs

Denunciar abuso - Termos de Utilização - Termos adicionais

Fesquinho, o robô de praia

*Obrigatório

Hábitos do consumidor

Leia atentamente todas as indicações!

Se estiver na praia e porventura se vir obrigado/a a comprar alguma coisa, preferiria comprá-la: *

- De um bar de praia
- De um vendedor ambulante
- Outra:

Aproximadamente, quantos dias por ano vai à praia? *

- Menos de 15 dias por ano
- 15 a 30 dias por ano
- 30 a 45 dias por ano
- 45 dias a dois meses por ano
- Mais de 2 meses por ano

Em média, quanto costuma gastar em cada dia que compra bens alimentares na praia? *

Mesmo que compre para outras pessoas, além de si próprio

- Menos de 2€
- 2€ a 5€
- 5€ a 10€
- 10€ a 15€
- 15€ a 20€
- Mais de 20€

Escolha as 3 alturas do dia em que costuma comprar bens alimentares na praia: *

Assinale no MÁXIMO 3

- Das 08:00 às 10:00
- Das 10:00 às 12:00
- Das 12:00 às 14:00
- Das 14:00 às 16:00
- Das 16:00 às 18:00
- Das 18:00 às 20:00
- Outra:

Escolha as 3 categorias de produtos que mais frequentemente consome na praia (exemplo: traz de casa, compra na praia, etc.): *
Assinale no MÁXIMO 3

- ☐ Refrigerantes
- ☐ Águas
- ☐ Bebidas alcoólicas
- ☐ Leite, iogurtes, batidos e derivados
- ☐ Cafés, chás e derivados
- ☐ Saladas
- ☐ Frutas
- ☐ Sandes
- ☐ Salgados e aperitivos
- ☐ Bolos e guloseimas
- ☐ Gelados
- ☐ Sumos naturais
- ☐ Outra:

« Anterior | Continuar »

Tecnologia do Google Docs

Denunciar abuso - Termos de Utilização - Termos adicionais

Fesquinho, o robô de praia

*Obrigatório

Determinação das preferências do consumidor relativamente aos bens alimentares do robô e respectivos preços

Leia atentamente todas as indicações!

Agora, escolha as categorias de produtos que mais gostaria de adquirir NESTE ROBÔ para consumir na praia: *
Assinale no MÁXIMO 3

- ☐ Refrigerantes
- ☐ Águas
- ☐ Bebidas alcoólicas
- ☐ Leite, iogurtes, batidos e derivados
- ☐ Cafés, chás e derivados
- ☐ Saladas (com temperos à parte)
- ☐ Frutas

- Sandes
- Salgados e aperitivos
- Bolos e guloseimas
- Gelados
- Sumos naturais (embalados)

Se escolheu "Refrigerantes", qual o refrigerante que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos
-----

Se escolheu "Águas", qual a água que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos
-----

Se escolheu "Bebidas alcoólicas", qual a bebida alcoólica que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos
-----

Se escolheu "Leite, iogurtes, batidos e derivados", qual o lacticínio ou derivado que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos
-----

Se escolheu "Cafés, chás e derivados", qual a infusão de cafeína ou derivado que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos
-----

Se escolheu "Saladas (com temperos à parte)", qual a salada que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos
-----

Se escolheu "Frutas", qual a fruta que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos
-----

Se escolheu "Sandes", qual a sandes que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos
-----

Se escolheu "Salgados e aperitivos", qual o salgado ou aperitivo que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos
-----

Se escolheu "Bolos e guloseimas", qual o bolo ou guloseima que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos
-----

Se escolheu "Gelados", qual o gelado que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos

------

Se escolheu "Sumos naturais (embalados)", qual o sumo que preferiria?
Responda APENAS se tiver escolhido esta categoria de produtos

------

Existe algum outro bem alimentar que gostasse de consumir na praia? Se sim, especifique.
Responda APENAS se não encontrou o seu bem alimentar preferido nas listas anteriores

Indique o seu nível de concordância com as duas afirmações da grelha abaixo: *
Assinale 1 bola em cada linha

	Discordo totalmente	Discordo	É-me indiferente	Concordo	Concordo totalmente
Ao comprar bens alimentares no robô, estou disposto a pagar mais do que nos vendedores ambulantes	○	○	○	○	○
Ao comprar bens alimentares no robô, estou disposto a pagar mais do que nos bares de praia	○	○	○	○	○

« Anterior   Continuar »

Tecnologia do Google Docs

Denunciar abuso - Termos de Utilização - Termos adicionais

Fesquinho, o robô de praia

*Obrigatório

Opinião do consumidor face ao robô

Leia atentamente todas as indicações!

Os pontos seguintes descrevem características, quer sejam do robô quer sejam do serviço associado ao mesmo. Por favor, indique a importância que atribui a cada uma delas. *
A escala tem o valor mais alto em 5 (muito importante) e o valor mais baixo em 1 (nada importante)

	1 - Nada importante	2	3	4	5 - Muito importante

O desenho do robô é apelativo	○	○	○	○	○
O robô circula na proximidade dos banhistas	○	○	○	○	○
O robô usa energia do vento e do sol	○	○	○	○	○
O robô mantém os produtos frescos e refrigerados	○	○	○	○	○
O robô é fácil de utilizar	○	○	○	○	○
A compra no robô é feita com rapidez	○	○	○	○	○
O robô vende uma grande diversidade de produtos	○	○	○	○	○
O robô tem alternativas de alimentação saudável	○	○	○	○	○
O menu do robô é grande e visível à distância	○	○	○	○	○
A venda é feita automaticamente, sem que o cliente precise de interagir com outra pessoa	○	○	○	○	○
O robô é um veículo móvel autónomo	○	○	○	○	○
O robô tem um dispensador de gelo para pôr nas bebidas	○	○	○	○	○
O robô tem um badalo (sino) que permite ao cliente saber onde este circula	○	○	○	○	○
Através de uma SMS, é possível saber a localização do robô mais próximo	○	○	○	○	○
Através de um site, é possível ao cliente sugerir os seus produtos favoritos	○	○	○	○	○

Na sua perspectiva, existe alguma outra característica ou funcionalidade que seja importante incluir no robô? Se sim, especifique.

Responda APENAS se pensar que o robô pode ser melhorado.

Compraria os seus bens alimentares preferidos neste robô mesmo sabendo que existem bares de praia e vendedores ambulantes? *

○ Sim

○ Não

Porquê?
Pode responder por tópicos se achar conveniente.

« Anterior   Continuar »

Tecnologia do Google Docs

Denunciar abuso - Termos de Utilização - Termos adicionais

Fesquinho, o robô de praia

*Obrigatório

Informação Demográfica

Leia atentamente todas as indicações!

Qual a sua idade, em anos? *

- Menos de 15
- Entre 15 e 24
- Entre 25 e 44
- Entre 45 e 64
- Mais de 64

Qual o seu género? *

- Masculino
- Feminino

Em que região se situa a sua residência principal? *

- Lisboa e Vale do Tejo
- Norte
- Centro
- Alentejo
- Algarve
- Açores
- Madeira
- Outro país europeu

- Resto do mundo

Onde se situa a praia onde mais frequentemente faz férias? *

- Norte
- Centro
- Lisboa e Vale do Tejo
- Alentejo
- Algarve
- Açores
- Madeira

Até à presente data, que nível de escolaridade alcançou? *

- Não completei qualquer grau de escolaridade
- Completei o 1º ciclo do Ensino Básico
- Completei o 2º e 3º ciclo do Ensino Básico
- Completei o Ensino Secundário
- Completei o Ensino Superior

Qual a sua ocupação? *

- Empregado(a)
- Desempregado(a)
- Aluno(a)
- Doméstico(a)
- Reformado(a)
- Outra:

Quantas crianças costuma normalmente levar consigo, quando vai à praia? *

Considere que uma criança é uma pessoa com menos de 16 anos de idade.

- Nenhuma
- Uma
- Duas
- Três
- Mais de três

« Anterior | Continuar »

Tecnologia do Google Docs

Denunciar abuso - Termos de Utilização - Termos adicionais

Fesquinho, o robô de praia

Fim
Muito Obrigado por ter tomado o tempo para responder a este questionário!

« Anterior | Enviar

Nunca envie palavras-passe através dos Formulários Google.

Tecnologia do Google Docs

Denunciar abuso - Termos de Utilização - Termos adicionais

Anexo II Métricas e Especificações do Robô

Tabela 8 – Métricas e especificações do robô

Métrica	Unidade	Valor
	Especificações gerais	
Comprimento	mm	1343
Largura	mm	2258 a 2730
Altura	mm	2265 a 3023
Tara	kg	374
Peso Bruto	kg	525
Velocidade máxima	m/s	0,3
Aceleração máxima	m/s^2	0,05
Altura do chão	mm	188
Omnidirecional	Binário	Sim
Navegação autónoma	Binário	Sim
Comunicação com outros dispositivos	Forma	3G
Deteção de pessoas e objetos	Binário	Sim
Paragem de emergência	Forma	Para-choques
	Compartimento refrigerado	
Capacidade	Latas de 350 ml	385
Volume	m^3	0,835
Peso máximo da carga	kg	150
Isolamento térmico	Binário	Sim
Controlo de temperatura	Forma	Termostato
Acesso para operadores	Forma	Tampa
Fechadura de segurança	Binário	Sim
	Captadores de recursos energéticos naturais	
Área de cada painel FV	m^2	0,608
Área total dos painéis FV	m^2	1,823
Diâmetro da microturbina	mm	683
Área varrida pelas pás da microturbina	m^2	0,366
	Interface com o utilizador	
Indicação da disponibilidade dos produtos	Forma	Ecrã LED
Inventário dos produtos	Forma	Placar do menu

Indicação do preço	Forma	Placar do menu
Pagamento com cartões de crédito/débito	Binário	Sim
Pagamento com notas	Binário	Sim
Pagamento com moedas	Binário	Sim
Instruções de operação	Forma	Placar de instruções
Interface com o supervisor		
Indicação da temperatura do compartimento refrigerado	Binário	Sim
Indicação da localização do robô	Forma	Mapa
Imagens da zona de serviço	Binário	Sim
Registro de vendas	Forma	Histórico em tabela
Controlo remoto	Binário	Sim

Anexo III Energia e Potência por Estação Meteorológica e por Mês de Interesse

Tabela 9 – Energia e potência por estação meteorológica

Estações meteorológicas	Energia (Wh/dia)	Potência média (W)
Aveiro	3692,7	265,2
Cabo Carvoeiro	3739,4	270,0
Faro	4014,3	292,5
Lagos	4002,6	291,6
Lisboa	3831,5	277,9
Porto	3667,8	262,2
Porto Santo (Madeira)	3896,0	288,9
Sagres	3996,7	291,2
Sintra	3812,5	276,5
Sta. Maria (Açores)	3789,0	277,0
Viana do Castelo	3588,9	256,4

Tabela 10 – Energia e potência por mês de interesse

Mês de interesse	Energia (Wh/dia)	Potência média (W)
Junho	4048,0	275,9
Julho	4124,7	285,9
Agosto	3899,3	287,8
Setembro	3212,1	259,3

Anexo IV ***Energia Eólica Diária Recolhida em Cada Estação Meteorológica***

Tabela 11 – Energia eólica diária recolhida em cada estação meteorológica (as estações a verde representam aquelas onde a média das velocidades é alta o suficiente para permitir a recolha energética da Ampair 100)

Local da estação meteorológica	Velocidade esperada [m/s]	Desvio padrão esperado [m/s]	Distribuição Log-Normal					Potência na Ampair100 (W)	Energia diária Ampair100 (Wh/dia)
			Parâmetro μ	Parâmetro σ	z3	z70	P(3<Z<70)		
Aveiro	2,35	1,44	0,69588	0,56309	0,72	6,309165418	0,2358	0	0
Cabo Carvoeiro	3,78	0,62	1,31506	0,16336	-1,32	17,95655162	0,9066	7,7	167,53968
Faro	1,35	1,22	0,00001	0,77472	1,42	5,483924947	0,0778	0	0
Lagos	3,40	1,11	1,17316	0,31816	-0,23	9,665858322	0,591	3,7	52,4808
Lisboa	3,78	0,88	1,30191	0,23018	-0,88	12,80138749	0,8106	7,7	149,79888
Porto	1,68	1,50	0,21993	0,76926	1,14	5,23693499	0,1271	0	0
Porto Santo (Madeira)	2,98	1,56	0,96844	0,49357	0,26	6,645602942	0,3974	0	0
Sagres	3,40	1,11	1,17316	0,31816	-0,23	9,665858322	0,591	3,7	52,4808
Sintra	3,78	0,88	1,30191	0,23018	-0,88	12,80138749	0,8106	7,7	149,79888
Santa Maria (Açores)	5,10	2,26	1,53946	0,42374	-1,04	6,393160453	0,8508	20,7	422,67744
Viana do Castelo	1,68	1,50	0,21993	0,76926	1,14	5,23693499	0,1271	0	0
Médias de interesse	**3,87**						**76%**	**8,53**	**165,80**

Anexo V *Dendrogramas da Análise de Clusters*

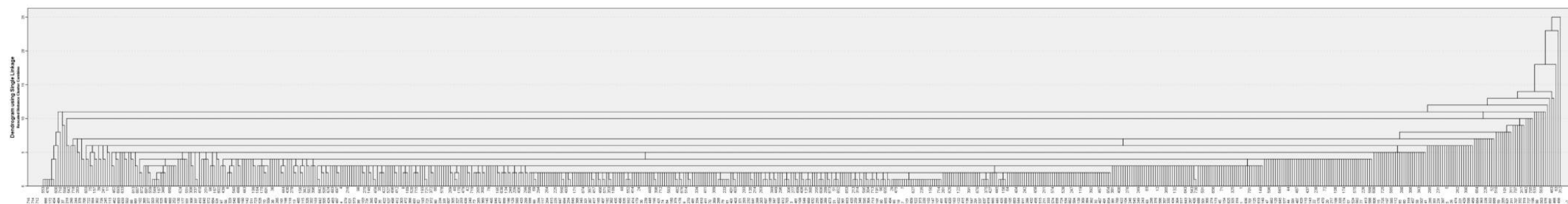


Figura 39 – Dendrograma do método do vizinho mais próximo, apresentado com distâncias reescalonadas de semelhança entre *clusters*

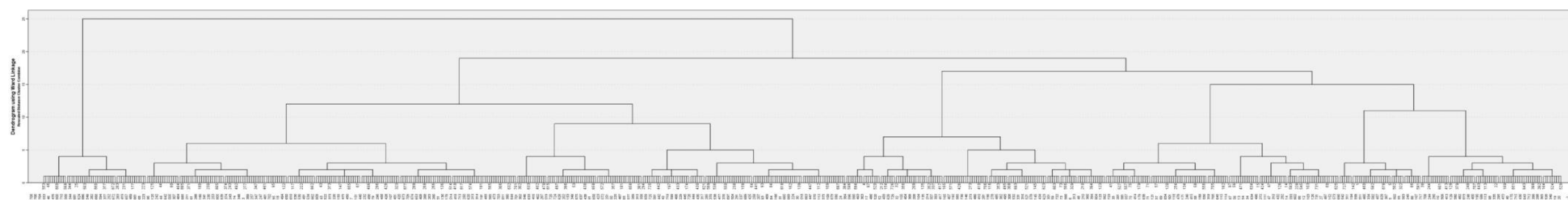


Figura 40 – Dendrograma do método de Ward, aplicado a dados sem *outliers* e apresentado com distâncias reescalonadas de semelhança entre *clusters*